

## **TUGAS AKHIR**

# **PENGARUH BUKAAN TIRAI LENGKUNG TERHADAP KINEMATIKA ALIRAN DI SALURAN TERBUKA**



DISUSUN OLEH :

**AGITYA P. TANSIL**  
**D111 10 281**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**MAKASSAR**

**2017**



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI  
UNIVERSITAS HASANUDDIN FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK SIPIL

KAMPUS TAMALANREA TELP. (0411) 587 636 FAX. (0411) 580 505 MAKASSAR 90245  
E-mail : sipil.unhas@yahoo.co.id

---

**LEMBAR PENGESAHAN**

Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik pada Program Studi S1 Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Makassar.

Judul : " **Pengaruh Buka-an Tirai Lengkung Terhadap Kinematika Aliran Di Saluran Terbuka**"

Disusun Oleh :

Nama : **Agitya P. Tansil**

**D111 10 281**

Telah diperiksa dan disetujui  
Oleh Dosen Pembimbing

Makassar, 24 Mei 2017

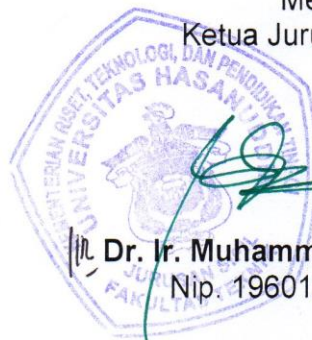
Pembimbing I

Pembimbing II

  
**Dr. Ir. Muhammad Arsyad Thaha, MT.**  
Nip. 19601231 198609 1 001

  
**Dr. Eng. Ir. H. Farouk Maricar, MT**  
Nip. 19641020 1991031002

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Sipil,



  
**Dr. Ir. Muhammad Arsyad Thaha, MT**  
Nip. 19601231 198609 1 001

# **PENGARUH BUKAAN TIRAI LENGKUNG TERHADAP KINEMATIKA ALIRAN DI SALURAN TERBUKA**

**Agitya P. Tansil**  
*Mahasiswa S1 Jurusan Sipil*  
*Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin*  
*Email: [agitya.ptansil@gmail.com](mailto:agitya.ptansil@gmail.com)*

**Dr. Ir. Muhammad Arsyad Thaha, M.T**  
*Pembimbing I*  
*Dosen Jurusan Teknik Sipil*  
*Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin*

**Dr.Eng. Ir. Farouk Maricar, M.T.,**  
*Pembimbing II*  
*Dosen Jurusan Teknik Sipil*  
*Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin*

**ABSTRAK:** Pada saluran terbuka sering dijumpai masalah-masalah yang mempengaruhi aliran serta hal-hal lainnya. Namun dengan keadaan-keadaan dan sifat-sifat hidrolis yang dimiliki oleh aliran saluran terbuka yang dapat diatur menurut keinginan atau dirancang untuk memenuhi persyaratan tertentu. Oleh karena itu penerapan teori hidrolis pada saluran dapat membuahkan hasil yang cukup sesuai dengan kondisi yang sesungguhnya dan dengan demikian cukup teliti untuk keperluan perancangan praktis. Hal ini sangat membantu seiring dengan perkembangan yang sangat pesat di bidang ketekniksipil dalam setiap disiplin ilmunya saat ini yang menuntut orang-orang dalam bidang ini terus berinovasi untuk dapat melayani kebutuhan masyarakat dalam kehidupannya. Salah satunya dalam rekayasa bangunan air. Salah satu usaha pengembangan ilmu dalam rekayasa bangunan air adalah dengan melakukan pemasangan tirai lengkung pada saluran terbuka yang dimaksudkan untuk melihat pengaruh yang akan terjadi pada aliran khususnya terhadap perubahan kecepatan dan sifat aliran. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa pemasangan model tirai lengkung pada saluran terbuka menyebabkan terjadinya perubahan pada sifat aliran, yang awalnya berupa aliran laminar berubah menjadi aliran turbulen yang terlihat pada pola aliran yang bergerak acak serta menyebabkan kecepatan aliran berubah meningkat. Pada  $V_0 = 0,169$  m/s terjadi peningkatan kecepatan aliran berturut-turut antara 0,175 m/s sampai 0,485 m/s pada bukaan 14 cm, 0,166 m/s sampai 0,703 m/s pada bukaan 10 cm dan 0,195 m/s sampai 1,186 m/s pada bukaan 6 cm.

**Kata kunci:** Saluran Terbuka, Model Tirai Lengkung

Open channel often encountered problems that affect the flow and other things related. However, with the hydraulic circumstances and properties possessed by an open channel flow which can be adjusted as desired or designed to meet certain requirements. Therefore, the application of the hydraulics theory on the open channel can produce sufficient results in accordance with the actual conditions and thus thorough enough for practical design purposes. This is very helpful along with the rapid development in the field of civil engineering nowadays that requires people in this field continue to innovate to serve the needs of society in life. One of the innovations is in water construction engineering. One of development of science in water construction engineering is by doing the installation of a curved curtain on an open channel intended to see the effect that will occur on the flow, especially on the changes in velocity and flow properties. The results of this study indicate that the installation of a curve curtain model on an open channel causes a change in the flow properties, which is initially in the form of laminar flow turned into turbulent flow where it is seen in the flow pattern that moves randomly and causes the flow rate to change increased. At  $V_0 = 0,169$  m/s there was an increased in flow velocity between 0,175 m/s to 0,485 m/s at 14 cm distance of gap, 0,166 m/s to 0,703 m/s at 10 distance of gap and 0,195 m/s to 1,186 m/s at 6 cm distance of gap.

**Key word:** Open Channel, Curved Curtain Model

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Kuasa, atas berkat rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyusun dan menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “**Pengaruh Bukaannya Tirai Lengkung terhadap Kinematika Aliran di Saluran Terbuka**” yang merupakan salah satu syarat yang diajukan untuk menyelesaikan studi pada Jurusan Teknik Sipil Universitas Hasanuddin.

Penulisan skripsi ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan dalam jenjang perkuliahan Strata 1 Universitas Hasanuddin. Dalam penyusunan skripsi ini, penulis berupaya semaksimal mungkin agar dapat memenuhi harapan semua pihak, namun penulis menyadari tentu masih banyak kekurangan yang terdapat dalam skripsi ini yang dikarenakan keterbatasan kemampuan penulis.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa banyak kendala yang dihadapi dalam penyusunan tugas akhir ini, namun berkat bantuan dari berbagai pihak, maka tugas akhir ini dapat terselesaikan. Oleh karena itu, dengan segala ketulusan, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. **Bapak Dr. Ir. Muhammad Arsyad Thaha, M.T.**, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin sekaligus selaku dosen pembimbing I yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan dan pengarahan mulai dari awal penelitian hingga selesainya penulisan tugas akhir ini.

2. **Bapak Dr.Eng. Ir. Farouk Maricar, M.T.**, selaku dosen pembimbing II yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan dan pengarahan kepada penulis.
3. Seluruh dosen Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah membekali penulis dengan berbagai ilmu selama mengikuti perkuliahan sampai akhir penulisan skripsi.
4. Bapak Ahmad Yani, selaku Laboran Laboratorium Hidrolika Jurusan Teknik Sipil Universitas Hasanuddin yang mendampingi penulis selama proses penelitian di laboratorium.
5. Seluruh staf dan karyawan Jurusan Teknik Sipil, staf dan karyawan Fakultas Teknik serta staf laboratorium dan asisten Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Ucapan terima kasih teristimewa penulis persembahkan kepada :

1. **Orangtua terkasih Ibu Agustina Torano dan Ayah Alm. Andarias Rukka** serta kedua adik tersayang **Gerry Andriano Silagaon dan Yudhi Vincensius Gusanda** atas doa, kasih sayang dan segala bentuk dukungannya selama ini sehingga penulis tetap bersemangat dalam melanjutkan cita-cita serta menyelesaikan tanggung jawab sebagai mahasiswa
2. Kepada teman-teman mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Universitas Hasanuddin angkatan 2010 dan teman-teman KMKT 2010 yang telah memberikan dukungan selama ini.

3. Kepada orang-orang yang senantiasa mendukung dan mendampingi penulis dalam segala situasi terkhusus semangat yang diberikan selama penulis menyelesaikan tugas akhir ini: **Kristoforus Sarira**, Gisela Perada, Prisca Y. Suban, Angeline Bengan dan Hermina Tudang.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini belum sempurna serta memiliki kekurangan. Oleh karena itu penulis mengharapkan kepada pembaca kiranya dapat memberi saran konstruktif demi kesempurnaan dan pembaharuan tugas akhir ini. Dan semoga Tuhan Yang Maha Kuasa melimpahkan rahmat kepada kita dan semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat.

Makassar, Mei 2017

Penulis

## DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR .....	ii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	viii
BAB I PENDAHULUAN .....	11
A. Latar Belakang .....	11
B. Rumusan Masalah .....	12
C. Maksud dan Tujuan Penelitian.....	12
D. Batasan Masalah Penelitian.....	13
E. Sistematika Penulisan .....	13
BAB II.....	15
TINJAUAN PUSTAKA .....	15
A. Hidrolika .....	15
1. Definisi dan Ruang Lingkup Hidrolika .....	15
2. Konsep Dasar Aliran pada Saluran Terbuka .....	17
3. Jenis-Jenis Saluran Terbuka .....	18
4. Pengukuran Dan Perkiraan Debit .....	20
B. Aliran Fluida .....	23
1. Fluida.....	23
2. Sifat-sifat Fluida .....	25
3. Pola Aliran.....	26
C. Kinematika Aliran.....	30
1. Macam-macam Aliran .....	30
2. Garis Arus dan Tabung Arus .....	45
3. Percepatan Partikel Zat Cair .....	46
BAB III .....	47
METODOLOGI PENELITIAN.....	47
A. Metode Penelitian.....	47

B. Lokasi dan Waktu Penelitian .....	47
C. Metode Pelaksanaan.....	47
BAB IV .....	55
PEMBAHASAN .....	55
A. Umum.....	55
B. Hasil Penelitian .....	55
1. Data Hasil Penelitian .....	55
2. Pembahasan .....	60
BAB V.....	92
KESIMPULAN DAN SARAN.....	92
A. Kesimpulan .....	92
B. Saran.....	93
DAFTAR PUSTAKA .....	94



## DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Nilai Kecepatan Model Tirai dengan Lengkung Bukaannya 14 cm.....	57
Tabel 4. 2 Nilai Kecepatan Model Tirai dengan Lengkung Bukaannya 10 cm.....	57
Tabel 4. 3 Nilai Kecepatan Model Tirai dengan Lengkung Bukaannya 6 cm.....	57
Tabel 4. 4 Nilai Kecepatan Model Tirai TANPA Lengkung Bukaannya 10 cm.....	57
Tabel 4. 5 Nilai Kecepatan Model Tirai dengan Lengkung Bukaannya 14 cm.....	58
Tabel 4. 6 Nilai Kecepatan Model Tirai dengan Lengkung Bukaannya 10 cm.....	58
Tabel 4. 7 Nilai Kecepatan Model Tirai dengan Lengkung Bukaannya 6 cm.....	58
Tabel 4. 8 Nilai Kecepatan Model Tirai TANPA Lengkung Bukaannya 10 cm.....	58
Tabel 4. 9 Nilai Kecepatan Model Tirai dengan Lengkung Bukaannya 14 cm.....	59
Tabel 4. 10 Nilai Kecepatan Model Tirai dengan Lengkung Bukaannya 10 cm.....	59
Tabel 4. 11 Nilai Kecepatan Model Tirai dengan Lengkung Bukaannya 6 cm.....	59
Tabel 4. 12 Nilai Kecepatan Model Tirai TANPA Lengkung Bukaannya 10 cm.....	59

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Klasifikasi Aliran pada Saluran Terbuka .....	27
Gambar 2. 2 Ilustrasi Aliran Laminar .....	37
Gambar 2. 3 Ilustrasi Aliran Turbulen.....	38
Gambar 2. 4 Alat Osborne Reynolds .....	40
Gambar 2. 5 Grafik Kehilangan Energi Kecepatan .....	42
 Gambar 3. 1 Tampak Samping Model Saluran Terbuka.....	48
Gambar 3. 2 Model Tirai .....	49
Gambar 3. 3 Model Tirai dengan Lengkung ukuran 24 x 12 x 24 cm.....	49
Gambar 3. 4 Model Tirai dengan Lengkung ukuran 20 x 10 x 20 cm.....	49
Gambar 3. 5 Model Tirai dengan Lengkung ukuran 16 x 8 x 16 cm.....	50
Gambar 3. 6 Model Tirai TANPA Lengkung ukuran 20 x 10 x 20 cm .....	50
Gambar 3. 7 Alat ukur flowatch.....	50
Gambar 3. 8 Diagram Alir Penelitian .....	54
 Gambar 4. 1 Titik Pengambilan Data.....	56
Gambar 4. 2 Grafik perubahan kecepatan aliran ( $V_0 = 0,098$ m/s) bukaan 14 cm.....	54
Gambar 4. 3 Grafik perubahan kecepatan aliran ( $V_0 = 0,098$ m/s) bukaan 10 cm.....	60
Gambar 4. 4 Grafik perubahan kecepatan aliran ( $V_0 = 0,098$ m/s) bukaan 6 cm.....	54
Gambar 4. 5 Grafik perubahan kecepatan aliran ( $V_0 = 0,098$ m/s) tanpa lengkung.....	60
Gambar 4. 6 Grafik perubahan kecepatan aliran ( $V_0 = 0,169$ m/s) bukaan 14 cm.....	56
Gambar 4. 7 Grafik perubahan kecepatan aliran ( $V_0 = 0,169$ m/s) bukaan 10 cm.....	62
Gambar 4. 8 Grafik perubahan kecepatan aliran ( $V_0 = 0,169$ m/s) bukaan 6 cm.....	56
Gambar 4. 9 Grafik perubahan kecepatan aliran ( $V_0 = 0,169$ m/s) tanpa lengkung.....	62
Gambar 4. 10 Grafik perubahan kecepatan aliran ( $V_0 = 0,323$ m/s) bukaan 14 cm.....	58
Gambar 4. 11 Grafik perubahan kecepatan aliran ( $V_0 = 0,323$ m/s) bukaan 10 cm.....	64
Gambar 4. 12 Grafik perubahan kecepatan aliran ( $V_0 = 0,323$ m/s) bukaan 6 cm.....	58
Gambar 4. 13 Grafik perubahan kecepatan aliran ( $V_0 = 0,323$ m/s) tanpa lengkung.....	64
Gambar 4. 14 Grafik perubahan kecepatan aliran ( $V_0 = 0,098$ m/s) bukaan 14 cm titik 3 ...	
Gambar 4. 15 Grafik perubahan kecepatan aliran ( $V_0 = 0,098$ m/s) bukaan 14 cm titik 467	

Gambar 4. 16 Grafik perubahan kecepatan aliran ( $V_0 = 0,098 \text{ m/s}$ ) bukaan 14 cm titik 5 ...

Gambar 4. 17 Grafik perubahan kecepatan aliran ( $V_0 = 0,098 \text{ m/s}$ ) bukaan 14 cm titik 667

Gambar 4. 18 Grafik perubahan kecepatan aliran ( $V_0 = 0,098 \text{ m/s}$ ) bukaan 10 cm titik 3 ...

Gambar 4. 19 Grafik perubahan kecepatan aliran ( $V_0 = 0,098 \text{ m/s}$ ) bukaan 10 cm titik 469

Gambar 4. 20 Grafik perubahan kecepatan aliran ( $V_0 = 0,098 \text{ m/s}$ ) bukaan 10 cm titik 5 ...

Gambar 4. 21 Grafik perubahan kecepatan aliran ( $V_0 = 0,098 \text{ m/s}$ ) bukaan 10 cm titik 669

Gambar 4. 22 Grafik perubahan kecepatan aliran ( $V_0 = 0,098 \text{ m/s}$ ) bukaan 6 cm titik 3 ....

Gambar 4. 23 Grafik perubahan kecepatan aliran ( $V_0 = 0,098 \text{ m/s}$ ) bukaan 6 cm titik 4 . 71

Gambar 4. 24 Grafik perubahan kecepatan aliran ( $V_0 = 0,098 \text{ m/s}$ ) bukaan 6 cm titik 5 ....

Gambar 4. 25 Grafik perubahan kecepatan aliran ( $V_0 = 0,098 \text{ m/s}$ ) bukaan 6 cm titik 6 . 71

Gambar 4. 26 Grafik perubahan kecepatan aliran ( $V_0 = 0,169 \text{ m/s}$ ) bukaan 14 cm titik 3 ...

Gambar 4. 27 Grafik perubahan kecepatan aliran ( $V_0 = 0,169 \text{ m/s}$ ) bukaan 14 cm titik 473

Gambar 4. 28 Grafik perubahan kecepatan aliran ( $V_0 = 0,169 \text{ m/s}$ ) bukaan 14 cm titik 5 ...

Gambar 4. 29 Grafik perubahan kecepatan aliran ( $V_0 = 0,169 \text{ m/s}$ ) bukaan 14 cm titik 673

Gambar 4. 30 Grafik perubahan kecepatan aliran ( $V_0 = 0,169 \text{ m/s}$ ) bukaan 10 cm titik 3 ...

Gambar 4. 31 Grafik perubahan kecepatan aliran ( $V_0 = 0,169 \text{ m/s}$ ) bukaan 10 cm titik 475

Gambar 4. 32 Grafik perubahan kecepatan aliran ( $V_0 = 0,169 \text{ m/s}$ ) bukaan 10 cm titik 5 ...

Gambar 4. 33 Grafik perubahan kecepatan aliran ( $V_0 = 0,169 \text{ m/s}$ ) bukaan 10 cm titik 675

Gambar 4. 34 Grafik perubahan kecepatan aliran ( $V_0 = 0,169 \text{ m/s}$ ) bukaan 6 cm titik 3 ....

Gambar 4. 35 Grafik perubahan kecepatan aliran ( $V_0 = 0,169 \text{ m/s}$ ) bukaan 6 cm titik 4 . 77

Gambar 4. 36 Grafik perubahan kecepatan aliran ( $V_0 = 0,169 \text{ m/s}$ ) bukaan 6 cm titik 5 ....

Gambar 4. 37 Grafik perubahan kecepatan aliran ( $V_0 = 0,169 \text{ m/s}$ ) bukaan 6 cm titik 6 . 77

Gambar 4. 38 Grafik perubahan kecepatan aliran ( $V_0 = 0,323 \text{ m/s}$ ) bukaan 14 cm titik 3 ...

Gambar 4. 39 Grafik perubahan kecepatan aliran ( $V_0 = 0,323 \text{ m/s}$ ) bukaan 14 cm titik 479

Gambar 4. 40 Grafik perubahan kecepatan aliran ( $V_0 = 0,323 \text{ m/s}$ ) bukaan 14 cm titik 5 ...

Gambar 4. 41 Grafik perubahan kecepatan aliran ( $V_0 = 0,323 \text{ m/s}$ ) bukaan 14 cm titik 679

Gambar 4. 42 Grafik perubahan kecepatan aliran ( $V_0 = 0,323 \text{ m/s}$ ) bukaan 10 cm titik 3 ...

Gambar 4. 43 Grafik perubahan kecepatan aliran ( $V_0 = 0,323 \text{ m/s}$ ) bukaan 10 cm titik 481

Gambar 4. 44 Grafik perubahan kecepatan aliran ( $V_0 = 0,323 \text{ m/s}$ ) bukaan 10 cm titik 5 ...

Gambar 4. 45 Grafik perubahan kecepatan aliran ( $V_0 = 0,323 \text{ m/s}$ ) bukaan 10 cm titik 681

Gambar 4. 46 Grafik perubahan kecepatan aliran ( $V_0 = 0,323 \text{ m/s}$ ) bukaan 6 cm titik 3 ....

Gambar 4. 47 Grafik perubahan kecepatan aliran ( $V_0 = 0,323 \text{ m/s}$ ) bukaan 6 cm titik 4 . 83

Gambar 4. 48 Grafik perubahan kecepatan aliran ( $V_0 = 0,323 \text{ m/s}$ ) bukaan 6 cm titik 5 ....

Gambar 4. 49 Grafik perubahan kecepatan aliran ( $V_0 = 0,323 \text{ m/s}$ ) bukaan 6 cm titik 6 . 83

Gambar 4. 50 Grafik perbandingan $V_B/V_D$ dan $B_B/B_F$ ( $V_0 = 0,098$ m/s) layer A.....	80
Gambar 4. 51 Grafik perbandingan $V_B/V_D$ dan $B_B/B_F$ ( $V_0 = 0,098$ m/s) layer B.....	86
Gambar 4. 52 Grafik perbandingan $V_B/V_D$ dan $B_B/B_F$ ( $V_0 = 0,098$ m/s) layer C.....	86
Gambar 4. 53 Grafik perbandingan $V_B/V_D$ dan $B_B/B_F$ ( $V_0 = 0,169$ m/s) layer A.....	82
Gambar 4. 54 Grafik perbandingan $V_B/V_D$ dan $B_B/B_F$ ( $V_0 = 0,169$ m/s) layer B.....	88
Gambar 4. 55 Grafik perbandingan $V_B/V_D$ dan $B_B/B_F$ ( $V_0 = 0,169$ m/s) layer C.....	88
Gambar 4. 56 Grafik perbandingan $V_B/V_D$ dan $B_B/B_F$ ( $V_0 = 0,323$ m/s) layer A.....	84
Gambar 4. 57 Grafik perbandingan $V_B/V_D$ dan $B_B/B_F$ ( $V_0 = 0,323$ m/s) layer B.....	90
Gambar 4. 58 Grafik perbandingan $V_B/V_D$ dan $B_B/B_F$ ( $V_0 = 0,323$ m/s) layer C.....	90

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **A. Latar Belakang**

Secara umum saluran terbagi atas dua jenis yakni saluran tertutup dan saluran terbuka. Kedua jenis saluran ini memiliki banyak kesamaan tetapi berbeda dalam ketentuan dasarnya yakni keberadaan permukaan bebas. Saluran tertutup merupakan saluran yang keseluruhan penampangnya diisi dan dialiri oleh air dan tidak terhubung langsung dengan udara bebas sedangkan saluran terbuka sebaliknya.

Aliran saluran terbuka juga didasarkan atas efek dari gravitasi bumi dan distribusi tekanan di dalam air yang umumnya bersifat hidrostatik. Distribusi tekanan bersifat hidrostatik karena kuantitasnya tergantung dari berat jenis aliran dan kedalaman karena berat jenis aliran dapat diasumsikan tepat, maka tekanan hanya tergantung dari kedalamannya semakin dalam, tekanannya semakin besar. Namun pada beberapa kondisi bisa ditemukan distribusi tekanan tidak hidrostatik.

Aliran saluran terbuka dapat terjadi dalam bentuk yang bervariasi cukup besar. Masalah aliran saluran terbuka banyak dijumpai dalam aliran sungai, aliran sungai irigasi dan talang, aliran saluran pembuangan dan saluran lain yang bentuk dan kondisi geometrinya bermacam-macam, termasuk model saluran yang dibuat di laboratorium untuk keperluan penelitian. Sifat-sifat hidrolis saluran semacam ini dapat diatur menurut keinginan atau dirancang untuk memenuhi persyaratan tertentu. Oleh karena itu penerapan teori hidrolis pada saluran dapat

membuahkan hasil yang cukup sesuai dengan kondisi yang sesungguhnya dan dengan demikian cukup teliti untuk keperluan perancangan praktis.

Hal ini sangat membantu seiring dengan perkembangan di bidang ketekniksipilan dalam setiap disiplin ilmunya saat ini sangat pesat yang menuntut orang-orang dalam bidang ini terus berinovasi untuk dapat melayani kebutuhan masyarakat dalam kehidupannya. Salah satunya dalam rekayasa bangunan air.

Berdasarkan hal tersebut, maka penulis melakukan penelitian dengan judul:

***“Pengaruh Bukaannya Tirai Lengkung terhadap Kinematika Aliran di Saluran Terbuka”***

**B. Rumusan Masalah**

1. Bagaimana Pengaruh Bukaannya Tirai Lengkung Terhadap perubahan kecepatan aliran pada saluran terbuka?
2. Bagaimana Pengaruh Bukaannya Tirai Lengkung Terhadap perubahan sifat aliran di saluran terbuka?

**C. Maksud dan Tujuan Penelitian**

Maksud dari penulisan tugas akhir ini adalah untuk mengetahui dan meningkatkan pemahaman tentang pengaruh lengkung pada tirai terhadap perubahan-perubahan yang terjadi pada keadaan aliran di saluran terbuka yang dilaksanakan di laboratorium Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Sebagai tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah untuk meneliti:

1. Menganalisis Pengaruh Bukaannya Tirai Lengkung Terhadap perubahan kecepatan aliran pada saluran terbuka.
2. Menganalisis Pengaruh Bukaannya Tirai Lengkung Terhadap perubahan sifat aliran di saluran terbuka.

#### **D. Batasan Masalah Penelitian**

Agar penelitian ini dapat berjalan dengan baik sesuai dengan sasaran yang ingin dicapai dan untuk menghindari agar penelitian pada penulisan ini tidak terlalu luas, maka penelitian dalam penulisan ini dibatasi pada :

1. Penelitian yang dilakukan merupakan eksperimen murni berbasis laboratorium.
2. Tempat penelitian adalah saluran terbuka simetris. Dalam hal ini penelitian dilakukan pada alat *flume* laboratorium hidrolika Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.
3. Model tirai yang digunakan terbuat dari bahan kayu dengan dua variasi yakni berbentuk persegi dengan satu model dan model tirai lainnya diberi lengkung dengan ukuran serta variasi bukaan tirai yang berbeda.
4. Variabel penelitian, antara lain: kecepatan ( $V$ ), tinggi muka air ( $h$ ), jarak antar tirai ( $x$ ).

#### **E. Sistematika Penulisan**

Secara umum penulisan skripsi ini disusun dalam bentuk per bab yang berisi ringkasan secara umum berdasarkan sistematika penulisan berikut ini.

## **BAB I      PENDAHULUAN**

Berisi tentang uraian latar belakang masalah, maksud dan tujuan penulisan, ruang lingkup penelitian dan batasan masalah, serta sistematika penulisan yang berisi tentang penggambaran secara garis besar mengenai hal-hal yang dibahas dalam bab-bab berikutnya.

## **BAB II     TINJAUAN PUSTAKA**

Berisi uraian tentang kerangka konseptual yang memuat teori-teori yang digunakan sebagai landasan atau acuan penelitian

## **BAB III    METODE PENELITIAN,**

Membahas mengenai tahapan, persiapan alat dan bahan, cara penelitian serta uraian tentang pelaksanaan penelitian.

## **BAB IV    HASIL DAN PEMBAHASAN**

Merupakan bab yang menganalisa dan membahas hasil penelitian yang diperoleh dari percobaan laboratorium.

## **BAB V     KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini merupakan kesimpulan setelah melakukan analisa dan pembahasan serta berisikan saran-saran yang diusulkan yang didasarkan pada hasil penelitian.

## **LAMPIRAN-LAMPIRAN**



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Hidrolika**

##### **1. Definisi dan Ruang Lingkup Hidrolika**

Hidrolika dan Mekanika Fluida adalah bagian daripada mekanika terpakai (*Applied Mechanics*) yang mempelajari statika dan dinamika dari cairan dan gas. Semua ilmu yang mempelajari momentum dan energi dan lain-lainnya yang biasa dipakai pada ilmu mekanika berlaku pula di sini, tetapi mekanika fluida lebih banyak menyelidiki terhadap arus dari cairan,

Hidrolika (*Hydraulics* dari bahasa Yunani yang berarti “air”) adalah ilmu yang mempelajari/ menyelidiki tentang pengaliran air. Cairan/ zat cair tidak mempunyai tahanan tetap terhadap gaya yang bekerja padanya, ini mengakibatkan selalu terjadi perubahan bentuk dan mengambil bentuk sesuai dengan tempat pengalirannya.

Hidrolika merupakan salah satu bagian dari cabang ilmu mekanika fluida. Hidrolika dipakai untuk studi, penelitian dan aplikasi dari hampir semua aspek dari sifat-sifat dan tingkah laku fluida yang berhubungan dengan para ahli rekayasa/*engineers* (Chadwik & Morfett, 1993). Secara lebih khusus bagi para ahli dan praktisi yang lebih berkecimpung dalam satu jenis fluida saja yaitu air.

Ilmu hidrolika oleh para ahli dan praktisi dipakai sebagai alat untuk pemahaman, pengembangan dan eksploitasi bidang sumber daya air khususnya dalam rekayasa. Pengembangan sistem sosial dan sistem

ekonomi mempunyai ketergantungan yang besar terhadap pengembangan infrastruktur fisik (Grigg, 1988) dalam kaitannya dengan alam. (*Robert J. Kodoatie, 2002*)

Perubahan bentuk yang terjadi disebabkan karena gaya-gaya geser yang bekerja, karena itu zat cair tersebut mengalir, sebaliknya bila zat cair itu dalam keadaan diam maka itu berarti tidak terdapat gaya-gaya geser yang bekerja dan semua gaya yang ada selalu tegak lurus terhadap bidang tempat cairan itu berada. (*Ir. A. Soedrajat, 1983*)

Hidrolika dapat dibedakan dalam dua bidang yaitu hidrostatika yang mempelajari zat cair dalam keadaan diam dan hidrodinamika yang mempelajari zat cair bergerak. Di dalam hidrodinamika dipelajari zat cair ideal, yang tidak mempunyai kekentalan dan tidak termampatkan. Sebenarnya zat cair ideal tidak ada di alam. Tetapi anggapan zat cair ideal perlu dilakukan terutama untuk memudahkan analisis perilaku gerat zat cair. Air mempunyai kekentalan dan pemampatan (pengaruh volume karena pertambahan tekanan) yang sangat kecil, sehingga pada kondisi tertentu dapat dianggap sebagai zat cair ideal.

Ilmu hidraulika mempunyai arti penting mengingat air merupakan salah satu jenis fluida yang sangat penting bagi kehidupan manusia. Air sangat diperlukan untuk kebutuhan hidup sehari-hari seperti air minum, irigasi, pembangkit listrik dan sebagainya. Perencanaan bangunan air untuk memanfaatkan dan mengaturnya merupakan bagian dari teknik hidro yang termasuk dalam bidang sipil (*Bambang Triadmodjo, 1993*).

## **2. Konsep Dasar Aliran pada Saluran Terbuka**

Saluran terbuka adalah saluran dimana air mengalir dengan permukaan bebas. Pada semua titik sepanjang aliran tekanan pada permukaan bebas adalah sama yaitu tekanan atmosfer. Akibat dari tekanan pada permukaan air yang besarnya tetap maka aliran tidak disebabkan oleh perbedaan tekanan tetapi disebabkan oleh perbedaan energi potensial karena kemiringan saluran (*Ir. A. Soedrajat, 1983*).

Aliran pada saluran terbuka merupakan aliran yang mempunyai permukaan yang bebas. Permukaan yang bebas itu merupakan pertemuan dua fluida dengan kerapatan  $\rho$  (*density*) yang berbeda. Biasanya pada saluran dua fluida itu adalah udara dan air dimana kerapatan udara jauh lebih kecil daripada kerapatan air.

Gerakan air pada saluran terbuka berdasarkan efek dari gravitasi bumi dan distribusi tekanan di dalam air umumnya bersifat hidrostatik (*French, 1987*). Distribusi tekanan bersifat hidrostatik karena kuantitasnya tergantung dari berat jenis aliran dan kedalaman. Karena berat jenis aliran dapat diasumsikan tetap, maka tekanan hanya tergantung dari kedalamannya; semakin dalam tekanannya semakin besar. Namun pada beberapa kondisi bisa ditemukan distribusi tekanan tidak hidrostatik (*Robert J. Kodoatie, 2002*)

### 3. Jenis-Jenis Saluran Terbuka

Menurut asalnya, saluran terbuka dapat digolongkan menjadi saluran alam (*natural*) dan saluran buatan (*artificial*). Saluran alam meliputi semua alur air yang terdapat secara alamiah di bumi, mulai dari anak selokan kecil di pegunungan, selokan kecil, kali, sungai kecil ke sungai besar, sampai ke muara sungai. Aliran air di bawah tanah dengan permukaan bebas juga dianggap sebagai saluran terbuka alamiah. Sifat-sifat hidrolis saluran alam biasanya sangat tidak menentu. Dalam beberapa hal dapat dibuat anggapan pendekatan yang cukup sesuai dengan pengamatan dan pengalaman sesungguhnya sedemikian rupa sehingga persyaratan aliran pada saluran ini dapat diterima untuk penyelesaian analisa hidrolis teoritis.

Saluran buatan adalah saluran yang dibentuk oleh manusia, seperti saluran pelayaran, saluran pembangkit listrik, saluran irigasi dan talang, parit pembuangan, pelimpah tekanan, saluran banjir, saluran pengangkutan kayu, selokan dan sebagainya, termasuk model saluran yang dibuat di laboratorium untuk keperluan penelitian. Sifat-sifat hidrolis saluran seperti ini dapat diatur menurut keinginan atau dirancang untuk memenuhi persyaratan tertentu. Oleh karena itu, penerapan teori hidrolis untuk saluran buatan dapat membuahkan hasil yang cukup sesuai dengan kondisi sesungguhnya, dan dengan demikian cukup teliti untuk keperluan perancangan praktis.

Pada berbagai keadaan dalam praktek teknik saluran terbuka buatan diberi istilah yang berbeda-beda, antara lain :

- a. Saluran, biasanya panjang dan merupakan saluran landai yang dibuat di tanah, dapat dilapisi pasangan batu maupun tidak, beton, semen, kayu, maupun aspal.
- b. Talang, merupakan selokan dari kayu, logam beton, atau pasangan batu, biasanya disanggah atau terletak di atas permukaan tanah, untuk mengalirkan air berdasarkan perbedaan tinggi tekanan.
- c. Got miring, adalah selokan yang curam.
- d. Terjunan, hampir sama dengan got miring, namun perubahan tinggi air terjadi dalam jarak pendek.
- e. Gorong-gorong, merupakan selokan tertutup yang pendek, dipakai untuk mengalirkan air melalui tanggul jalan kereta api maupun jalan raya.
- f. Terowongan air terbuka, adalah selokan tertutup yang cukup panjang, dipakai untuk mengalirkan air menembus bulit atau setiap gundukan tanah.

Zat cair dapat diangkut dari suatu tempat ke tempat lain melalui bangunan pembawa alamiah ataupun manusia. Bangunan pembawa ini dapat terbuka maupun tertutup bagian atasnya. Aliran dalam saluran terbuka yang mempunyai permukaan bebas. Permukaan bebas mempunyai tekanan sama dengan tekanan atmosfer.

Zat cair yang mengalir pada saluran terbuka mempunyai bidang kontak hanya pada dinding dan dasar saluran. Saluran terbuka dapat berupa:

- a. Saluran alamiah atau buatan.

- b. Galian tanah dengan atau tanpa lapisan penahan.
- c. Terbuat dari pipa, beton, batu-bata atau material lain.
- d. Dapat berbentuk persegi, segitiga, trapezium, lingkaran, tapal kuda atau tidak beraturan.

#### **4. Pengukuran Dan Perkiraan Debit**

Kecepatan aliran di saluran merupakan komponen aliran yang sangat penting. Penentuan debit saluran dapat dilakukan dengan cara pengukuran aliran dan cara analisis. Pelaksanaan pengukuran debit saluran dapat dilakukan secara langsung dan tidak langsung, yaitu dengan melakukan pendataan terhadap parameter alur saluran. Dalam hidrologi masalah penentuan debit saluran dengan cara pengukuran termasuk dalam bidang hidrometri, yaitu ilmu yang mempelajari masalah pengukuran air atau pengumpulan data dasar untuk analisis mencakup data tinggi muka air, debit dan sedimentasi.

Besarnya aliran tiap waktu atau disebut dengan debit, akan tergantung pada luas tampang aliran dan kecepatan aliran. Pendekatan nilai debit dapat dilakukan dengan cara mengukur tampang aliran dan mengukur kecepatan aliran tersebut. Cara ini merupakan prosedur umum dalam pengukuran debit saluran secara langsung.

Pengukuran luas tampang aliran dilakukan dengan mengukur tinggi muka air dan lebar dasar alur saluran. Untuk mendapatkan hasil yang teliti, pengukuran tinggi muka air dapat dilakukan pada beberapa titik sepanjang

tampang aliran. Selanjutnya debit aliran dihitung sebagai penjumlahan dan semua luasan pias alur yang terukur.

Pengukuran kecepatan aliran dilakukan dengan alat ukur kecepatan arus. Tergantung dari tingkat ketelitian yang dikehendaki, maka pengukuran kecepatan aliran pada saluran dapat dilakukan dengan berbagai cara, diantaranya pengukuran dengan pelampung, pengukuran dengan current meter dan pengukuran dengan cara ambang.

a. Pengukuran Kecepatan Arus Dengan Pelampung

Pengukuran kecepatan aliran dengan menggunakan pelampung dapat dilakukan, apabila dikehendaki besaran kecepatan aliran dengan tingkat ketelitian yang relatif rendah. Cara ini masih dapat digunakan untuk praktek dalam keadaan :

- 1) Untuk memperoleh gambaran kasar tentang kecepatan aliran,
- 2) Karena kondisi sungai yang sangat sulit diukur, misalnya dalam keadaan banjir, sehingga dapat membahayakan petugas pengukur.

Cara pengukuran adalah prinsip mencari besarnya waktu yang diperlukan untuk Bergeraknya pelampung pada sepanjang jarak tertentu. Selanjutnya kecepatan arus didekati dengan nilai panjang jarak tersebut dibagi dengan waktu tempuhnya.

Perlu mendapat perhatian bahwa cara ini mendapatkan kecepatan arus pada permukaan, sehingga untuk memperoleh kecepatan pada penampang sungai hasil hitungan perlu dikoreksi

dengan koefisien antara 0,85-0,95. Selain itu pengukuran dengan cara ini harus dilakukan beberapa kali mengingat distribusi aliran permukaan yang terjadi tidak merata. Dianjurkan paling tidak pengukuran dilakukan 3 kali, kemudian hasilnya dirata-ratakan.

b. Pengukuran dengan *Current Meter*

Alat ini paling umum digunakan karena dapat menghasilkan ketelitian yang cukup baik. Prinsip kerja alat ukur ini adalah dengan mencari hubungan antara kecepatan aliran dan kecepatan putaran baling-baling current meter tersebut.

Alat ini ada dua macam, yaitu current meter dengan sumbu mendatar dan dengan sumbu tegak. Bagian-bagian alat ini terdiri dari:

- 1) Baling-baling sebagai sensor terhadap kecepatan, terbuat dari *streamline styling* yang dilengkapi dengan propeler, generator, sirip pengarah dan kabel-kabel.
- 2) *Contact box*, merupakan bagian pengubah putaran menjadi signal elektrik yang berupa suara atau gerakan jarum pada kontak monitor berskala, kadang juga dalam bentuk digital.
- 3) *Headphone* yang digunakan untuk mengetahui jumlah putaran baling-baling (dengan suara “klik”, kadang bagian ini diganti dengan monitor box yang memiliki jendela penunjuk kecepatan aliran secara langsung.

Dengan alat ini, dapat dilakukan pengukuran pada beberapa titik dalam suatu penampang aliran. Dalam praktek digunakan untuk



pengukuran kecepatan aliran pada satu vertikal tidak merata, maka pengukuran dapat dilakukan dengan beberapa metode sebagai berikut:

- 1) Metode pengukuran pada satu titik yang umumnya dilakukan jika kedalaman aliran kurang dari satu meter. Alat ditempatkan pada kedalaman  $0,6 H$  diukur dari permukaan air.
- 2) Metode pengukuran dua titik, metode ini digunakan apabila kedalaman air lebih dari satu meter. Metode ini dilakukan dengan merata-ratakan kecepatan yang diperoleh pada kedalaman  $0,2 H$  dan  $0,8 H$  diukur dari muka air.
- 3) Metode pengukuran tiga titik, metode ini dilakuakn berturut-turut pada kedalaman  $0,2 H$ ,  $0,6 H$  dan  $0,8 H$ .

Dalam praktek umumnya hanya dilakuakn pengukuran sampai denga dua titik, karena hal itu dipandang sudah dapat memberikan hasil pengukuran yang cukup dapat dipertanggungjawabkan.

c. Pengukuran dengan cara ambang

Pengukuran debit dengan cara ambang dapat dilaksanakan pada aliran melalui ambang alam atau ambang buatan. Ambang buatan dapat berupa bendung, bangunan pengendali dan pelindung sungai.

## **B. Aliran Fluida**

### **1. Fluida**

Fluida adalah zat yang bisa mengalir, yang mempunyai partikel yang mudah bergerak dan berubah bentuk tanpa pemisahan massa. Tahanan

fluida terhadap perubahan bentuk sangat kecil, sehingga fluida dapat dengan mudah mengikuti bentuk ruangan/ tempat yang membatasinya. Fluida dapat dibedakan menjadi dua macam yaitu zat cair dan gas (*Bambang Triadmodjo, 1993*).

Fluida atau zat cair (termasuk uap air dan gas) dibedakan dari benda padat karena kemampuannya untuk mengalir. Fluida lebih mudah mengalir karena ikatan molekul dalam fluida jauh lebih kecil dari ikatan molekul dalam zat padat, akibatnya fluida mempunyai hambatan yang relative kecil pada perubahan bentuk karena gesekan. Zat padat mempertahankan suatu bentuk dan ukuran yang tetap, sekalipun suatu gaya yang besar diberikan pada zat tersebut, zat padat tidak mudah berubah bentuk maupun volumenya, sedangkan zat cair dan gas, zat cair tidak mempertahankan bentuk yang tetap, zat cair mengikuti bentuk wadahnya dan volumenya dapat diubah hanya jika diberikan padanya gaya yang sangat besar dan gas tidak mempunyai bentuk maupun volume yang tetap, gas akan berkembang mengisi seluruh wadah. Karena fase cair dan gas tidak mempertahankan suatu bentuk yang tetap, keduanya mempunyai kemampuan untuk mengalir. Dengan demikian kedua-duanya sering secara kolektif disebut sebagai fluida.

Pada benda cair yang diam, tidak terdapat gaya-gaya geser, akan tetapi apabila cairan itu bergerak maka timbullah gaya-gaya geser yang disebabkan karena kekenatalan dan turbulensi cairan yang akan melawan gerak tersebut dan menimbulkan akibat gesekan. Banyak persoalan-

persoalan yang disederhanakan dan dapat diselesaikan dengan cara mengabaikan gaya geser. Bilamana perlu percobaan dilakukan untuk mendapatkan angka koefisien agar hasil teoritis dan hasil praktis sama, dan mengabaikan akibat dari geseran dimasukkan ke dalam angka koefisien (*Ir. A. Soedrajat, 1983*).

## **2. Sifat-sifat Fluida**

Fluida adalah zat yang bisa mengalir, yang mempunyai partikel yang mudah bergerak dan berubah bentuk tanpa pemisahan massa. Tahanan fluida terhadap perubahan bentuk sangat kecil, sehingga fluida dapat dengan mudah mengikuti bentuk ruangan/ tempat yang membatasinya. Fluida dapat dibedakan menjadi dua macam yaitu zat cair dan gas.

Zat cair dan gas mempunyai sifat-sifat serupa, yang terpenting adalah sebagai berikut :

- Kedua zat ini tidak melawan perubahan bentuk
- Kedua zat ini tidak mengadakan reaksi terhadap gaya geser, yaitu gaya yang bekerja sejajar dengan permukaan lapisan-lapisan zat cair atau gas yang mencoba untuk menggeser lapisan-lapisan tersebut antara satu terhadap yang lain. Oleh karena itu, apabila ada sentuhan sedikit saja, dua lapisan yang saling berdampingan akan bergerak antara satu terhadap yang lainnya.

Zat cair mempunyai beberapa sifat sebagai berikut :

- Apabila ruangan lebih besar dari volume zat cair, akan terbentuk permukaan bebas horizontal yang berhubungan dengan atmosfer.

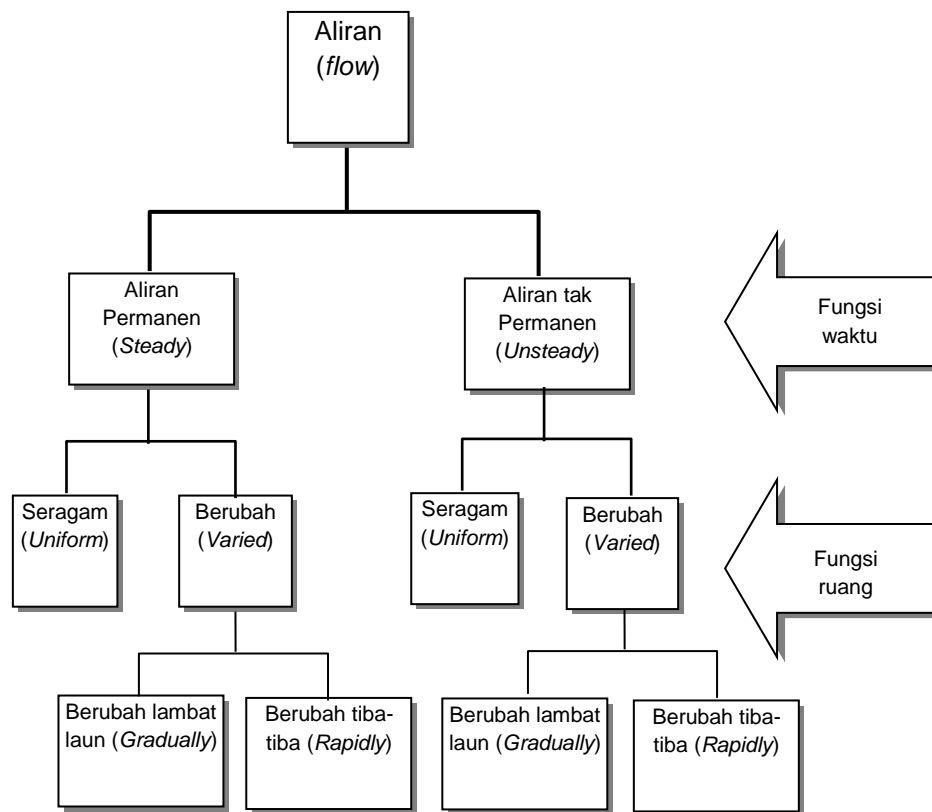
- Mempunyai rapat massa dan berat jenis
- Dapat dianggap tidak termampatkan
- Mempunyai viskositas atau kekentalan
- Mempunyai kohesi, adhesi dan tegangan permukaan (*Bambang Triadmodjo, 1993*).

### 3. Pola Aliran

Aliran permukaan bebas dapat diklasifikasikan menjadi berbagai tipe tergantung criteria yang digunakan. Berdasarkan perubahan kedalaman dan kecepatan mengikuti fungsi waktu aliran dibedakan menjadi aliran permanen (*steady*) dan tidak permanen (*unsteady*), sedangkan berdasarkan fungsi ruang, aliran dibedakan menjadi aliran seragam (*uniform*) dan tidak seragam (*non-uniform*).

#### a. Aliran Permanen dan Tidak Permanen

Jika kecepatan aliran pada suatu titik tidak berubah terhadap waktu, maka alirannya tersebut aliran permanen atau tunak (*steady flow*), jika kecepatan pada suatu lokasi tertentu berubah terhadap waktu maka aliran tidak permanen atau tidak tunak (*unsteady flow*).



**Gambar 2. 1** Klasifikasi Aliran pada Saluran Terbuka

Dalam hal-hal tertentu dimungkinkan mentransformasikan aliran tidak permanen menjadi aliran permanen dengan mengacu pada koordinat referensi yang bergerak. Penyederhanaan ini menawarkan beberapa keuntungan, seperti kemudahan visualisasi, kemudahan penulisan persamaan yang terkait, dan sebagainya. Penyederhanaan ini hanya mungkin jika bentuk gelombang tidak berubah dalam perambatannya. Misalnya bentuk gelombang kejut (surge) tidak berubah ketika menambat pada saluran halus, dan konsekuensinya perambatan gelombang kejut yang tidak permanen dapat dikonversi menjadi aliran permanen dengan koordinat referensi yang bergerak

dengan kecepatan absolute gelombang kejut. Hal ini ekuivalen dengan pengamat yang bergerak disamping gelombang kejut terlihat stasioner atau tetap oleh pengamat, jadi aliran dapat dianggap sebagai aliran permanen. Jika bentuk gelombang berubah selama perambatannya, maka tidak mungkin mentransformasikan gerak gelombang tersebut menjadi aliran permanen. Misalnya gelombang banjir yang merambat pada sungai alamiah tidak dapat ditransformasikan menjadi aliran permanen, karena bentuk gelombang termodifikasi dalam perjalanannya sepanjang sungai.

b. Aliran Seragam dan Berubah

Jika kecepatan aliran pada suatu waktu tertentu tidak berubah sepanjang saluran yang ditinjau, maka alirannya disebut aliran seragam (*uniform flow*). Namun, jika kecepatan aliran pada saat tertentu berubah terhadap jarak, alirannya disebut aliran seragam atau aliran berubah (*non-uniform flow or varied flow*).

Bergantung pada laju perubahan kecepatan terhadap jarak, aliran dapat diklasifikasikan menjadi aliran berubah lambat laun (*gradually varied flow*) atau aliran berubah tiba-tiba (*rapidly varied flow*).

c. Aliran Permanen Seragam (*steady uniform flow*)

Aliran seragam adalah aliran yang mempunyai kecepatan konstan terhadap jarak, garis aliran lurus dan sejajar, dan distribusi tekanan adalah hidrostatik. Untuk aliran permanen berarti pula bahwa kecepatan adalah konstan terhadap waktu. Dengan kata lain,

percepatan sama dengan nol, dan gaya-gaya yang bekerja pada pias air adalah dalam kondisi seimbang. Kemiringan dasar saluran  $S_o$ , permukaan air  $S_w$ , dan gradient energi  $S_f$  adalah sama.

Aliran permanen seragam adalah konsep ideal dimana sebenarnya jarang ditemukan di alam, dan bahkan di laboratorium sekalipun. Penampang saluran alami biasanya berbentuk tidak teratur sehingga untuk debit aliran yang tetap tidak di dapati garis muka air yang sejajar dengan garis dasar saluran. Untuk pemakaian praktis, jika alirannya permanen dan perubahan lebar, kedalaman air, dan arah saluran adalah kecil, maka aliran dapat dianggap seragam.

d. Aliran Berubah Lambat Laun (*gradually varied flow*)

Aliran berubah lambat laun pada saluran terbuka berbeda dengan aliran seragam maupun aliran berubah tiba-tiba (loncatan air), dimana kedalaman air pada saluran berubah secara gradual terhadap jarak. Dalam aliran seragam kedalaman air adalah konstan yang dikenal dengan nama kedalaman normal. Garis kemiringan energi sejajar dengan garis dasar saluran. Distribusi kecepatan tetap sepanjang saluran, sehingga perhitungan kedalaman air cukup dilakukan sekali sepanjang saluran.

Pada aliran berubah tiba-tiba, seperti pada loncatan air, kedalaman air berubah secara cepat pada jarak yang pendek. Terjadi perubahan kecepatan air secara signifikan disertai dengan perubahan penampang basah saluran yang sangat cepat. Dengan laju perlambatan

aliran yang mendadak, maka terjadi kehilangan energi. Perhitungan kedalaman air tidak dapat dilakukan dengan prinsip energi, melainkan dengan prinsip momentum.

Pada aliran berubah lambat laun, perubahan kecepatan terjadi secara gradual terhadap jarak, sehingga pengaruh percepatan pada liran antara dua potongan yang berdekatan dapat diabaikan. Perhitungan profil muka air dapat dilakukan berdasarkan prinsip energy.

### **C. Kinematika Aliran**

Kinematika aliran mempelajari gerak partikel zat cair tanpa meninjau gaya yang menyebabkan gerak tersebut. Dalam hal ini dipelajari kecepatan di setiap titik dalam medan aliran pada setiap saat. Di dalam aliran zat cair gerak partikel sulit diikuti, oleh karena itu biasanya ditentukan kecepatan pada suatu titik sebagai fungsi waktu. Setelah kecepatan didapat maka dapat diperoleh distribusi tekanan dan kemudian gaya yang bekerja pada zat cair.

#### **1. Macam-macam Aliran**

Air mengalir dari tempat yang tinggi ke tempat yang rendah dan prinsip gravitasi sangat berpengaruh karena adanya perbedaan elevasi antara hulu dan hilir. Salah satu hal yang diketahui, sifat-sifat aliran pada saluran terbuka seperti sungai ditentukan oleh kekentalan dan gravitasi. Tegangan permukaan air dalam keadaan tertentu dapat pula mempengaruhi perilaku aliran, tetapi pengaruh ini tidak terlalu besar. Pada umumnya aliran fluida dapat dibedakan atas: aliran dalam saluran, yaitu aliran yang dibatasi oleh



permukaan-permukaan keras dan aliran sekitar benda, yang dikelilingi oleh fluida yang selanjutnya tidak terbatas. Perbedaan demikian hanyalah untuk memudahkan peninjauan, karena gejala dasar dan kelakuan fluida berlaku pada kedua aliran tersebut.

a. Aliran Invisid dan Viskos

Aliran invisid adalah aliran dimana kekentalan zat cair dianggap nol (zat cair ideal). Sebenarnya zat cair dengan kekentalan nol tidak ada di alam, tetapi dengan anggapan tersebut akan sangat menyederhanakan permasalahan yang sangat kompleks dalam hidraulika. Karena zat cair tidak mempunyai kekentalan maka tidak terjadi tegangan geser antara partikel zat cair dan antara zat cair dan bidang batas. Pada kondisi tertentu, anggapan bahwa kekentalan = nol dapat diterima untuk zat cair dengan kekentalan kecil seperti air.

Aliran viskos adalah aliran dimana kekentalan diperhitungkan. Keadaan ini menyebabkan timbulnya tegangan geser antara partikel zat cair yang bergerak dengan kecepatan berbeda. Apabila zat cair riil mengalir melalui bidang batas yang diam, zat cair yang berhubungan langsung bidang batas tersebut dan mempunyai kecepatan nol (diam). Kecepatan zat cair akan bertambah sesuai dengan jarak bidang tersebut. Apabila bidang aliran sangat dalam/ lebar., di luar suatu jarak tertentu dari bidang batas, aliran tidak lagi dipengaruhi oleh hambatan bidang batas. Pada daerah tersebut kecepatan aliran hampir seragam. Bagian aliran yang berada dekat dengan lapis batas, di mana terjadi

perubahan kecepatan yang besar dikenal dengan lapis batas (boundary layer). Di daerah lapis batas ini tegangan geser terbentuk di antara lapis-lapis zat cair yang bergerak dengan kecepatan berbeda karena adanya kekentalan zat cair dan turbulensi yang menyebabkan partikel zat cair bergerak dari lapis yang satu ke lapis yang lainnya. Di luar lapis batas tersebut pengaruh tegangan geser yang terjadi karena adanya bidang batas dapat diabaikan dan zat cair dapat dianggap sebagai zat cair ideal.

Aliran viskos dapat dibedakan dalam aliran laminar dan aliran turbulen. Aliran adalah laminar apabila partikel-partikel zat cair bergerak teratur dengan membentuk garis lintasan kontinyu dan tidak saling berpotongan. Apabila zat warna diinjeksikan pada suatu titik dalam aliran, maka zat warna tersebut akan mengalir menurut garis aliran yang teratur seperti benang tanpa terjadi difusi atau penyebaran. Pada aliran di saluran yang mempunyai batas sejajar, garis-garis lintasan akan sejajar. Sedang di dalam saluran yang mempunyai sisi tidak sejajar, garis aliran akan menguncup atau mengembang sesuai dengan bentuk saluran. Kecepatan partikel zat cair pada masing-masing garis lintasan tidak sama tetapi bertambah dengan jarak dari dinding saluran. Aliran laminar dapat terjadi apabila kecepatan aliran rendah, ukuran saluran sangat kecil dan zat cair mempunyai kekentalan besar. (*Bambang Triadmodjo, 1993*)

Aliran turbulen: dimana bagian-bagian elementer dari cairan bergerak tidak teratur, menempati tempat yang relatif berlain-lainan pada penampang-penampang yang beraturan. Aliran laminar disebut juga aliran cairan kental dimana bagian-bagian elementer dari cairan bergerak teratur dan menempati tempat yang relatif sama pada penampang-penampang berikutnya. Osborne Reynolds berpendapat bahwa tipe aliran tergantung dari kecepatan, kerapatan dan kekentalan dari cairan dan ukuran dari tempat mengalirnya dan tergantung pula dari angka Reynolds. (Ir. A. Soedrajat, 1983)

#### 1) Aliran Laminar

Aliran laminar adalah aliran fluida yang bergerak dengan kondisi lapisan-lapisan yang membentuk garis-garis alir dan tidak berpotongan satu sama lain. Alirannya relatif mempunyai kecepatan rendah dan fluidanya bergerak sejajar (*laminae*) & mempunyai batasan-batasan yang berisi aliran fluida. Aliran laminar adalah aliran fluida tanpa arus turbulen (pusaran air). Partikel fluida mengalir atau bergerak dengan bentuk garis lurus dan sejajar. Laminar adalah ciri dari arus yang berkecepatan rendah, dan partikel sedimen dalam zona aliran berpindah dengan menggelinding (*rolling*) ataupun terangkat (*saltation*). Pada laju aliran rendah, aliran laminar tergambar sebagai filamen panjang yang mengalir sepanjang aliran. Aliran laminar mempunyai Bilangan Reynold lebih kecil dari 2300.

Aliran dengan fluida yang bergerak dalam lapisan-lapisan, atau lamina-lamina dengan satu lapisan meluncur secara lancar. Dalam aliran laminar ini, viskositas berfungsi untuk meredam kecenderungan terjadinya gerakan relatif antara lapisan. Sehingga aliran laminar memenuhi hukum viskositas Newton.

## 2) Aliran Turbulen

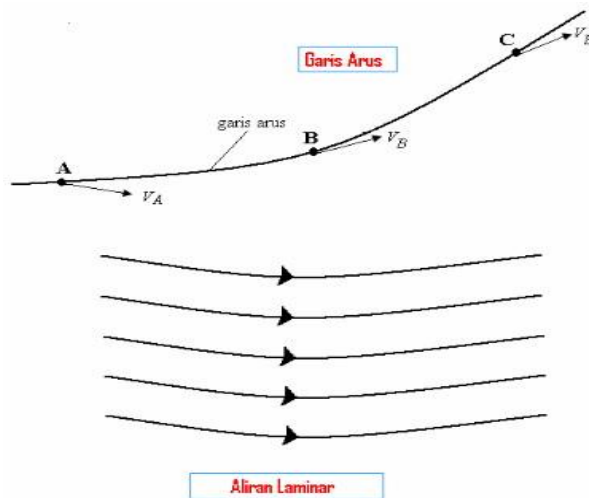
Aliran turbulen adalah aliran fluida yang partikel-partikelnya bergerak secara acak dan tidak stabil dengan kecepatan berfluktuasi yang saling interaksi. Akibat dari hal tersebut garis alir antar partikel fluidanya saling berpotongan. Turbulen mentransport partikel-partikel dengan dua cara; dengan penambahan gaya fluida dan penurunan tekanan lokal ketika pusaran turbulen bekerja padanya. Keduanya adalah penyebab terjadinya transportasi pasir sepanjang bawah permukaan. Aliran turbulen mempunyai bilangan reynold yang lebih besar dari 4000. Dimana pergerakan dari partikel-partikel fluida sangat tidak menentu karena mengalami pencampuran serta putaran partikel antar lapisan, yang mengakibatkan saling tukar momentum dari satu bagian fluida kebagian fluida yang lain dalam skala yang besar. Dalam keadaan aliran turbulen maka turbulensi yang terjadi membangkitkan tegangan geser yang merata diseluruh fluida sehingga menghasilkan kerugian-kerugian aliran.

Di alam hampir semua mekanisme transport pasir terjadi secara turbulen. Turbulen terutama terjadi di sungai akibat penggerusan sepanjang batas arus air, dan meningkat akibat kekasaran bawah permukaan; sepanjang garis pantai dan laut penyebabnya adalah ombak, tekanan angin permukaan, dan penggerusan arus. Di udara turbulen yang membawa bekas ledakan vulkanis ditransport angin. Besarnya gerakan turbulen bervariasi dari mikro hingga makro, yang terakhir tadi sangat mudah dilihat di sungai dengan penampakan pusaran yang kompleks atau dengan boil yang berbenturan dengan permukaan sungai, secara terus menerus. Pada arus turbulen, massa air bergerak keatas, kebawah, dan secara lateral berhubungan dengan arah arus yang umum, memindahkan massa dan momentum. Dengan gerakan tidak beraturan seperti itu, massa atau gumpalan fluida akan mempunyai percepatan menyimpang yang hanya sedikit persentasinya dari kecepatan rata-rata, meskipun begitu arus turbulen bersifat menentukan arus, sebab turbulen menjaga partikel-partikel dalam suspensi, secara konstan, seperti clay dan silt pada sungai dan pasir pada arus turbidit, atau secara berangsur, seperti pada kebanyakan butir pasir di sungai, pantai dan bukit pasir. Turbulen mentransport partikel-partikel dengan dua cara; dengan penambahan gaya fluida dan penurunan tekanan lokal ketika pusaran turbulen bekerja padanya.

Keduanya adalah penyebab terjadinya transportasi pasir sepanjang bawah permukaan. Di alam hampir semua mekanisme transport pasir terjadi secara turbulen. Turbulen terutama terjadi di sungai akibat penggerusan sepanjang batas arus air, dan meningkat akibat kekasaran bawah permukaan; sepanjang garis pantai dan laut penyebabnya adalah ombak, tekanan angin permukaan, dan penggerusan arus. Di udara turbulen yang membawa bekas ledakan vulkanis ditransport angin. Besarnya gerakan turbulen bervariasi dari mikro hingga makro, yang terakhir tadi sangat mudah dilihat di sungai dengan penampakan pusaran yang kompleks atau dengan boil yang berbenturan dengan permukaan sungai, secara terus menerus.

### 3) Aliran Transisi

Aliran transisi merupakan aliran peralihan dari laminar ke aliran turbulen. Aliran pada saluran terbuka dikatakan laminar apabila gaya kekentalan (*viscosity*) relatif sangat besar dibandingkan dengan gaya inersia sehingga kekentalan berpengaruh besar terhadap perilaku aliran. Butir-butir air bergerak menurut lintasan tertentu yang teratur atau lurus. Dapat dikatakan bahwa aliran laminar terlihat seperti berlapis-lapis seperti pada

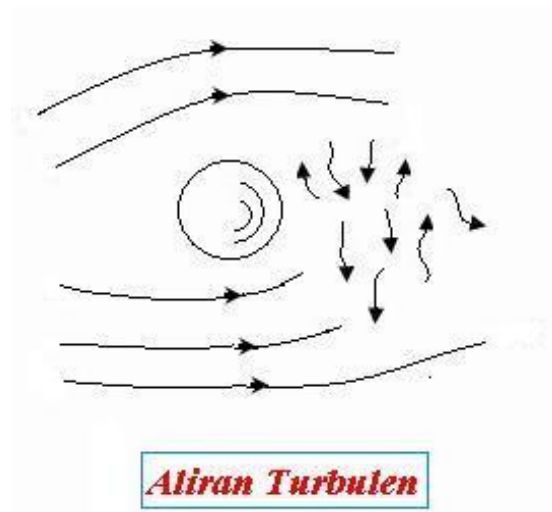


**Gambar 2. 2** *Ilustrasi Aliran Laminar*

Aliran laminar secara jelas diilustrasikan pada (Gambar 2. 2) lintasan yang ditempuh suatu partikel dalam fluida yang mengalir dinamakan garis alir (*flow line*). Partikel (butir-butir air) itu mengalir dalam suatu garis arus yang ujungdan pangkalnya jelas. Partikel (butir-butir air) itu melalui titik A, B, dan C secara teratur dan lurus mengikuti garis arus tersebut (seperti pada gambar 2.2). Kecepatan-kecepatan partikel fluida di tiap titik pada garis arus searah dengan garis singgung di titik itu. Jika dikaitkan dengan hukum Newton I, apabila kecepatan ( $v$ ) di suatu titik konstan terhadap waktu, maka aliran fluida dikatakan konstan. Garis arus itu tidak berpotongan.

Aliran dalam saluran terbuka dikatakan turbulen apabila gaya kekentalan relatif lemah dibandingkan dengan gaya inersia. Butir-butir air bergerak menurut lintasan yang tidak teratur,

tidak lancar, tidak tetap, walaupun tetap bergerak maju di dalam air yang berjalan secara keseluruhan. Aliran ini terlihat bergoncang (turbulensi).



**Gambar 2. 3** *Ilustrasi Aliran Turbulen*

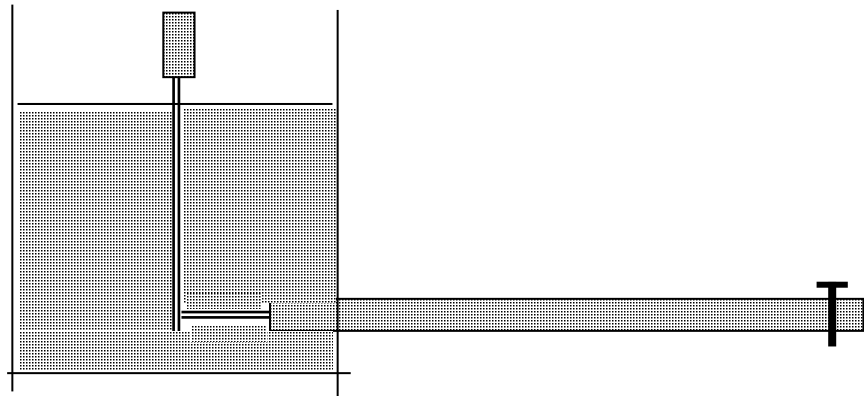
Aliran turbulen itu sangat bertolak belakang dengan aliran laminar. Jika pada suatu kelajuan tertentu ada partikel-partikel (butir-butir air) gerakannya berbeda dan bahkan berlawanan dengan arah gerak keseluruhan itu dinamakan aliran turbulen. Ada sebuah cara sederhana yang dapat kita lakukan untuk mengetahui suatu aliran zat cair apakah bersifat laminar atau turbulen, yakni dengan cara menjatuhkan sedikit tinta atau pewarna ke dalam zat cair. Jika tinta menempuh lintasan yang lurus atau melengkung tapi tidak berputar-putar membentuk pusara, bias dikatakan alirannya bersifat laminar. Akan tetapi, bila tinta itu kemudian mengalir secara berputar-putar dan akhirnya menyebar, aliran tersebut bersifat turbulen.



a) Konsep dasar

Aliran laminar, turbulen atau transisi dapat dibedakan dengan menggunakan bilangan Reynolds. Bilangan Reynold adalah bilangan yang tidak mempunyai dimensi, yang menyatakan perbandingan gaya-gaya inersia kekentalan. Percobaan yang dilakukan pada tahun 1884 oleh Osborne Reynold dapat menunjukkan sifat-sifat aliran laminar dan turbulen. Osborne Reynolds adalah seorang fisikawan berkebangsaan Inggris yang dikenal karena penelitiannya tentang kondisi aliran fluida di dalam pipa transisi, dari aliran laminar ke aliran turbulen. Dari penelitian itulah akhirnya dia menemukan “Bilangan Reynolds” (bilangan tak berdimensi) yang sekarang dipakai untuk membedakan aliran fluida itu merupakan aliran laminar, transisi atau turbulen. Peralatan yang digunakan dalam percobaan tersebut terdiri dari kaca yang diatur oleh sebuah katup sehingga dapat melewatkan air dengan berbagai kecepatan. Melalui pipa kecil yang dihubungkan dengan pipa kaca tersebut dialirkan zat warna. Oleh Reynold ditunjukkan bahwa untuk kecepatan aliran yang kecil di dalam pipa kaca, zat warna akan mengalir dalam satu garis lurus yang sejajar dengan sumbu pipa. Apabila katup dibuka sedikit demi sedikit sehingga kecepatan akan bertambah besar, garis zat warna mulai bergelombang

yang akhirnya pecah dan menyebar pada seluruh aliran dalam pipa. Kecepatan pada saat pecah ini adalah kecepatan kritis.



**Gambar 2. 4** Alat Osborne Reynolds

Menurut Osborne Reynolds, kecepatan aliran dikategorikan:

- (1) Aliran laminar, dengan  $Re < 2300$
- (2) Aliran turbulen, dengan  $Re > 4000$
- (3) Aliran transisi, dengan  $Re$  diantara 2300 dan 4000  
(bilangan Reynolds kritis)

b) Bilangan Froude

Bilangan froude dapat digunakan untuk menentukan aturan aliran yang terjadi pada saluran. Aturan aliran dapat dibagi 3 kategori yaitu:

- (1) Aturan aliran sub-kritis, jika nilai  $Fr < 1$ .

Pada aliran sub-kritis peranan gaya tarik bumi lebih menonjol, sehingga aliran mempunyai kecepatan rendah dan sering dikatakan tenang.

(2)Aturan aliran kritis, jika nilai  $Fr = 1$ .

Kedalaman aliran pada aturan ini adalah kedalaman kritis.

(3)Aturan aliran super-kritis, jika  $Fr > 1$ .

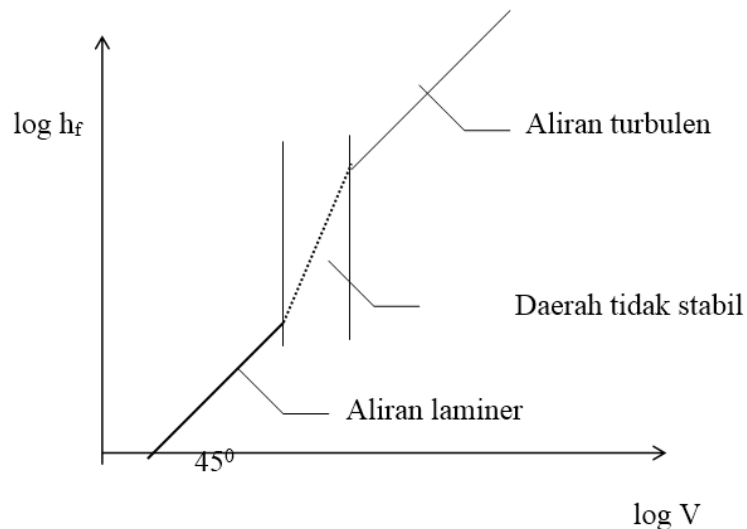
Dalam keadaan ini gaya-gaya inersia sangat menonjol, sehingga aliran mempunyai kecepatan tinggi dan kedalaman aliran pada aturan ini lebih kecil dari kedalaman kritis.

c) Hukum Tahanan Gesek

Percobaan Reynold untuk menetapkan hukum tahanan gesek dilakukan dengan mengukur kehilangan energi (tenaga) di dalam beberapa pipa dengan panjang yang berbeda-beda. Percobaan tersebut memberikan hasil berupa suatu grafik hubungan antara kehilangan energi ( $h_f$ ) dan kecepatan aliran  $V$ .

Bagian bawah dari grafik tersebut merupakan garis lurus, dengan kemiringan  $45^\circ$ , yang menunjukkan bahwa  $h_f$  sebanding dengan  $V$ , yang merupakan sifat aliran laminar. Sedangkan bagian atas merupakan garis lurus dengan kemiringan  $n$ , dengan  $n$  antara 1,75 dan 2,0 yang tergantung pada nilai  $Re$  dan kekasaran. Hal ini menunjukkan bahwa  $h_f$  sebanding dengan  $V^n$ , nilai pangkat yang besar berlaku untuk pipa kasar sedang yang kecil untuk pipa halus. Dari grafik tersebut terlihat bahwa kehilangan tenaga pada aliran

turbulen lebih besar dari aliran laminar. Hal ini disebabkan karena adanya turbulensi yang dapat memperbesar kehilangan tenaga.



**Gambar 2. 5** Grafik Kehilangan Energi Kecepatan

#### b. Aliran Kompresibel dan Tak Kompresibel

Semua fluida (termasuk zat cair) adalah kompresibel sehingga rapat massanya berubah dengan perubahan tekanan. Pada aliran mantap dengan perubahan rapat massa kecil, sering dilakukan penyederhaan dengan menganggap bahwa zat cair adalah tak kompresibel dan rapat massa adalah konstan. Oleh karena zat cair mempunyai kemampatan yang sangat kecil, maka dalam analisis aliran mantap sering dilakukan anggapan zat cair tak kompresibel. Tetapi pada aliran tak mantap melalui pipa dimana bisa terjadi perubahan tekanan yang sangat besar, maka kompreibilitas zat cair harus diperhitungkan.

c. Aliran Mantap (*steady flow*) dan Tak Mantap (*unsteady flow*)

Aliran mantap terjadi jika variabel aliran (seperti kecepatan, tekanan, rapat massa, tampang aliran, debit, dsb) di sembarang titik pada zat cair tidak berubah dengan waktu. Dalam aliran turbulen, gerak partikel zat cair selalu tidak beraturan. Di sebarang titik selalu terjadi fluktuasi kecil dari kecepatan. Tetapi jika nilai reratanya pada satu periode adalah konstan maka aliran tersebut adalah permanen.

Aliran tak mantap terjadi jika variabel aliran pada setiap titik berubah dengan waktu. Contoh dari aliran tak mantap adalah perubahan debit di dalam pipa atau saluran, aliran banjir di sungai, aliran estuari (muara sungai) yang dipengaruhi pasang surut, dsb.

Analisis dari aliran ini sangat kompleks, biasanya penyelesaiannya dilakukan secara numerik dengan menggunakan komputer.

d. Aliran Seragam dan Tak Seragam

Aliran disebut seragam apabila tidak ada perubahan besar dan arah dari kecepatan dari satu titik ke titik yang lain di sepanjang aliran. Demikian juga dengan variabel-variabel lainnya seperti tekanan, rapat massa, kedalaman, debit, dsb. Aliran di saluran panjang dengan debit dan penampang tetap adalah contoh dari aliran seragam.

Aliran tak seragam terjadi jika semua variabel berubah dengan jarak. Contoh dari aliran tak seragam adalah aliran di sungai atau di saluran di daerah dekat terjunan atau bendung.

e. Aliran Satu, Dua dan Tiga Dimensi

Dalam aliran satu dimensi (1-D), kecepatan di setiap titik pada tampang lintang mempunyai besar dan arah yang sama. Sebenarnya jenis aliran semacam ini sangat jarang terjadi. Tetapi dalam analisis hidrolika, aliran tiga dimensi dapat disederhanakan menjadi aliran satu dimensi berdasarkan beberapa anggapan, misalnya mengabaikan perubahan kecepatan vertikal dan melintang terhadap kecepatan pada arah memanjang. Keadaan pada tampang lintang adalah nilai rerata dari kecepatan, rapat massa dan sifat-sifat lainnya. Aliran di dalam pipa atau saluran kecil adalah salah satu contoh dari aliran yang dianggap sebagai aliran satu dimensi. Di dalam aliran tak seragam, perubahan kecepatan hanya terjadi pada arah aliran.

Dalam aliran dua dimensi (2-D), semua partikel dianggap mengalir dalam bidang sepanjang aliran, sehingga tidak ada aliran tegak lurus pada bidang tersebut. Bidang tersebut bisa mendatar atau vertikal tergantung pada masalah yang ditinjau. Apabila distribusi vertikal dari kecepatan atau sifat-sifat yang lain adalah penting dari pada arah melintang maka aliran dapat dianggap dua dimensi vertikal. Sedang aliran di saluran yang sangat lebar, misalnya di pantai, maka anggapan aliran dua dimensi mendatar adalah lebih sesuai.

f. Aliran Rotasional dan Tak Rotasional

Aliran adalah rotasional bila setiap partikel zat cair mempunyai kecepatan sudut terhadap pusat massanya. Sedangkan, pada aliran tak

rasional, distribusi kecepatan di dekat dinding batas adalah merata. Suatu partikel zat cair tidak berotasi terhadap pusat massanya. (Bambang Triadmodjo, 1993)

## **2. Garis Arus dan Tabung Arus**

Garis arus (*stream line*) adalah kurva khayal yang ditarik di dalam aliran zat cair untuk menunjukkan arah gerak di berbagai titik di dalam aliran, dengan mengabaikan fluktuasi sekundr yang terjadi akibat turbulensi. Garis singgung yang dibuat di sebarang titik pada kurva tersebut menunjukkan arah kecepatan partikel zat cair. Garis lurus tidak akan saling berpotongan atau bertemu.

Oleh karena vektor kecepatan di setiap titik pada garis arus adalah menyinggung garis arus tersebut, maka tidak ada komponen kecepatan yang tegak lurus padanya. Dengan demikian tidak ada aliran tegak lurus garis arus; sehingga bidang batas juga merupakan garis arus. Mengingat aliran tidak bisa memotong garis arus maka jumlah aliran antara dua garis arus adalah sama.

Apabila sejumlah garis arus ditarik melalui setiap titik di sekeliling suatu luasan kecil maka akan terbentuk suatu tabung arus. Oleh karena itu tidak aliran memotong garis arus, zat cair di dalam tabung arus tidak akan keluar melalui dinding tabung. Aliran hanya masuk dan keluar melalui dinding tabung. Aliran hanya masuk dan keluar melalui kedua ujung tabung arus. (Bambang Triadmodjo, 1993).

### **3. Percepatan Partikel Zat Cair**

Percepatan partikel zat cair yang bergerak didefinisikan sebagai laju perubahan kecepatan. Laju kecepatan ini bisa disebabkan oleh perubahan geometri medan aliran atau karena perubahan waktu. Dipandang suatu aliran melalui curat dengan tampang lintang mengecil dari sebuah tangki. Apabila tinggi muka air dari sumbu curat adalah konstan terhadap waktu. Tetapi karena adanya pengecilan tampang curat, maka aliran di sepanjang curat akan dipercepat. Perubahan kecepatan karena adanya perubahan tampang aliran disebut dengan percepatan konveksi. Apabila tinggi muka air berubah (bertambah atau berkurang) maka kecepatan aliran di suatu titik dalam curat akan berubah dengan waktu, yang berarti aliran di suatu titik mengalami percepatan. Percepatan ini disebut dengan percepatan lokal yang terjadi karena adanya perubahan aliran menurut waktu. Dengan demikian apabila permukaan zat cair selalu berubah maka aliran di dalam curat akan mengalami percepatan konveksi dan lokal. Gabungan dari kedua percepatan tersebut dikenal dengan percepatan total, dan aliran adalah tak mantap.



### **BAB III**

## **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **A. Metode Penelitian**

Metode penelitian merupakan suatu kesatuan sistem dalam penelitian yang terdiri dari prosedur dan teknik yang perlu dilakukan dalam usaha penelitian. Prosedur adalah suatu usaha yang dilakukan oleh peneliti untuk menentukan urutan-urutan pekerjaan dalam penelitian, sedangkan teknik penelitian memberikan alat-alat ukur apa yang diperlukan dalam melaksanakan suatu penelitian.

Ditinjau dari permasalahan dan tujuan dalam meneliti, maka jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimental, yakni metode yang dilakukan dengan mengadakan kegiatan percobaan untuk mendapatkan data. Data yang diperoleh tersebut diolah dan dianalisis sesuai dengan syarat-syarat yang ada. Metode analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah deskriptif analitis, yaitu dengan mengidentifikasi permasalahan berdasarkan fakta dan data yang ada, serta menganalisis permasalahan berdasarkan literatur dan data pendukung.

#### **B. Lokasi dan Waktu Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan di Kampus II Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, Laboratorium Hidrolika Jurusan Teknik Sipil. Waktu penelitian berlangsung selama 3 minggu.

#### **C. Metode Pelaksanaan**

Data yang digunakan dalam penyusunan tugas akhir ini adalah data primer, dimana penyusun dalam hal ini terlibat langsung dalam proses pengambilan data.

## 1. Persiapan Peralatan

### a. Saluran

Saluran yang digunakan adalah satu set model saluran terbuka bebas (*flume*) yang terdapat pada Laboratorium Hidrolika Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.

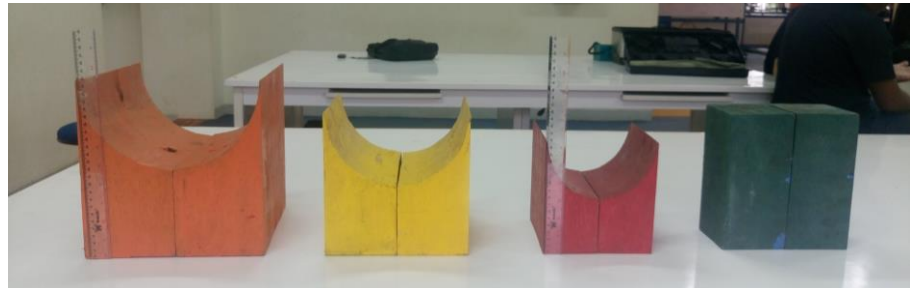


**Gambar 3. 1 Model Saluran Terbuka**

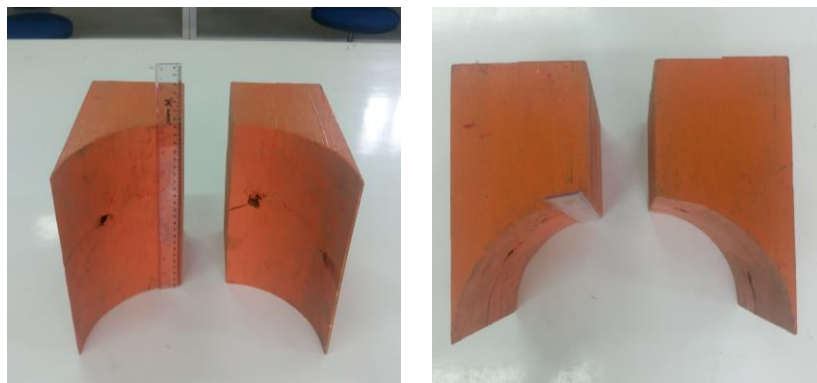
### b. Tirai

Model tirai yang digunakan pada penelitian ini terbuat dari balok kayu yang dibentuk sesuai ukuran yang telah dituntukan oleh pembimbing tugas akhir. Tirai yang digunakan menggunakan dua variasi bentuk yakni tirai persegi panjang berukuran 20 x 10 x 10 cm dan tirai bersisi cekung yang masing-masing berukuran 16 x 8 x 16 cm, 20 x 10 x 20 cm dan 24 x 12 x 24 cm, masing-masing satu pasang untuk model dengan lengkungan dan lengkungannya berukuran seperempat

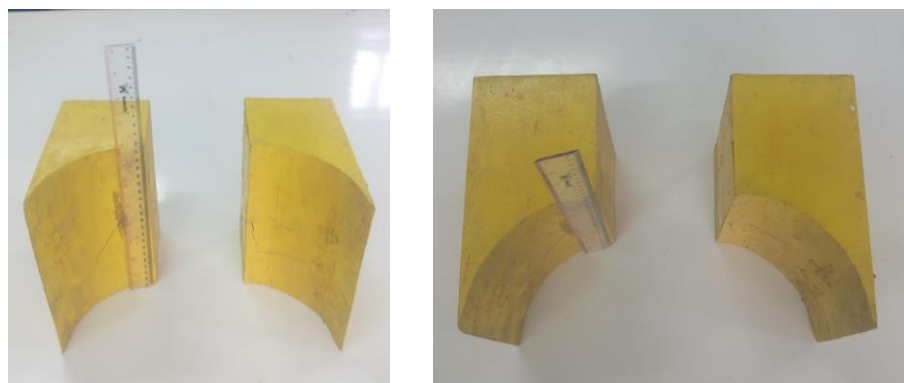
lingkaran. Sedangkan untuk model tanpa lengkung hanya satu variasi ukuran yakni 20 x 10 x 10 cm juga satu pasang.



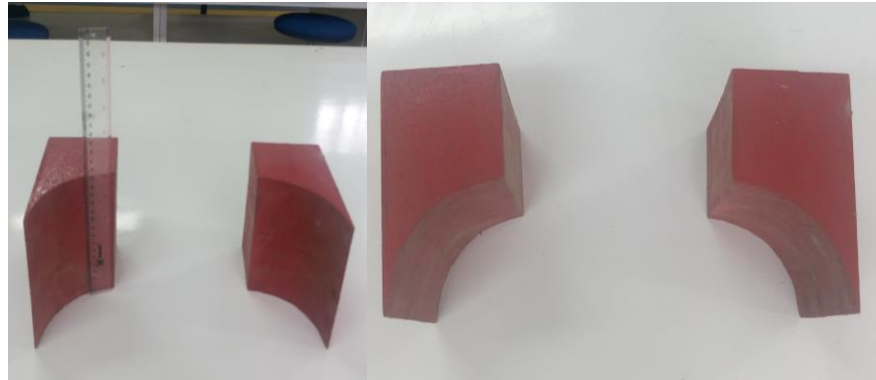
***Gambar 3. 2 Model Tirai***



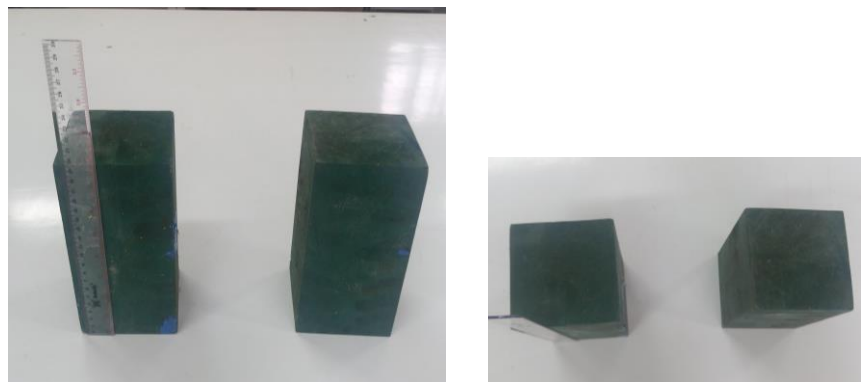
***Gambar 3. 3 Model Tirai dengan Lengkung ukuran 24 x 12 x 24 cm***



***Gambar 3. 4 Model Tirai dengan Lengkung ukuran 20 x 10 x 20 cm***



**Gambar 3. 5** Model Tirai dengan Lengkung ukuran 16 x 8 x 16 cm



**Gambar 3. 6** Model Tirai TANPA Lengkung ukuran 20 x 10 x 20 cm

### c. Alat Ukur

- 1) Alat ukur yang digunakan dalam penelitian ini adalah *flowatch* atau *current meter digital* yang digunakan untuk mengukur kecepatan aliran air.



**Gambar 3. 7** Alat ukur flowatch

- 2) *Point gauge* digunakan untuk mengukur tinggi muka air.
- 3) Penggaris (bila tidak ada *point gauge*) digunakan untuk mengukur kedalaman air dalam *flume* dan titik pengambilan data pada batang *flowatch*.
- 4) Meteran digunakan untuk mengukur jarak antar titik pengambilan data dari letak tirai.

d. Alat perekam

Dalam hal ini peneliti menggunakan kamera handphone dengan resolusi yang baik.

## 2. Prosedur Penelitian

a. Melakukan kalibrasi terlebih dahulu pada seluruh peralatan penelitian.

Alat ukur kecepatan aliran yang digunakan dalam penelitian ini adalah *flowatch* yang menggunakan kabel ke sebuah mesin penghitung (*counter*) yang akan menunjukkan intensitas putaran. Untuk memperoleh hasil yang lebih akurat, maka dilakukan kalibrasi dengan menggunakan *flume*. Luas penampang saluran dapat dihitung dan jumlah putaran propeller yang dapat dilihat pada *counter*, maka didapat hubungan nilai kecepatan aliran dengan jumlah putaran *propeller*. Pada perolehan fisik ini, dilakukan pengukuran terhadap perubahan kecepatan aliran dilakukan dengan bantuan *current meter* beserta *counternya* dan pengukuran tinggi muka air dengan menggunakan *point gauge*. Semua kegiatan ini dicatat untuk dapat

diplot hasil pengukuran kedalam tabel dan grafik untuk selanjutnya dianalisis.

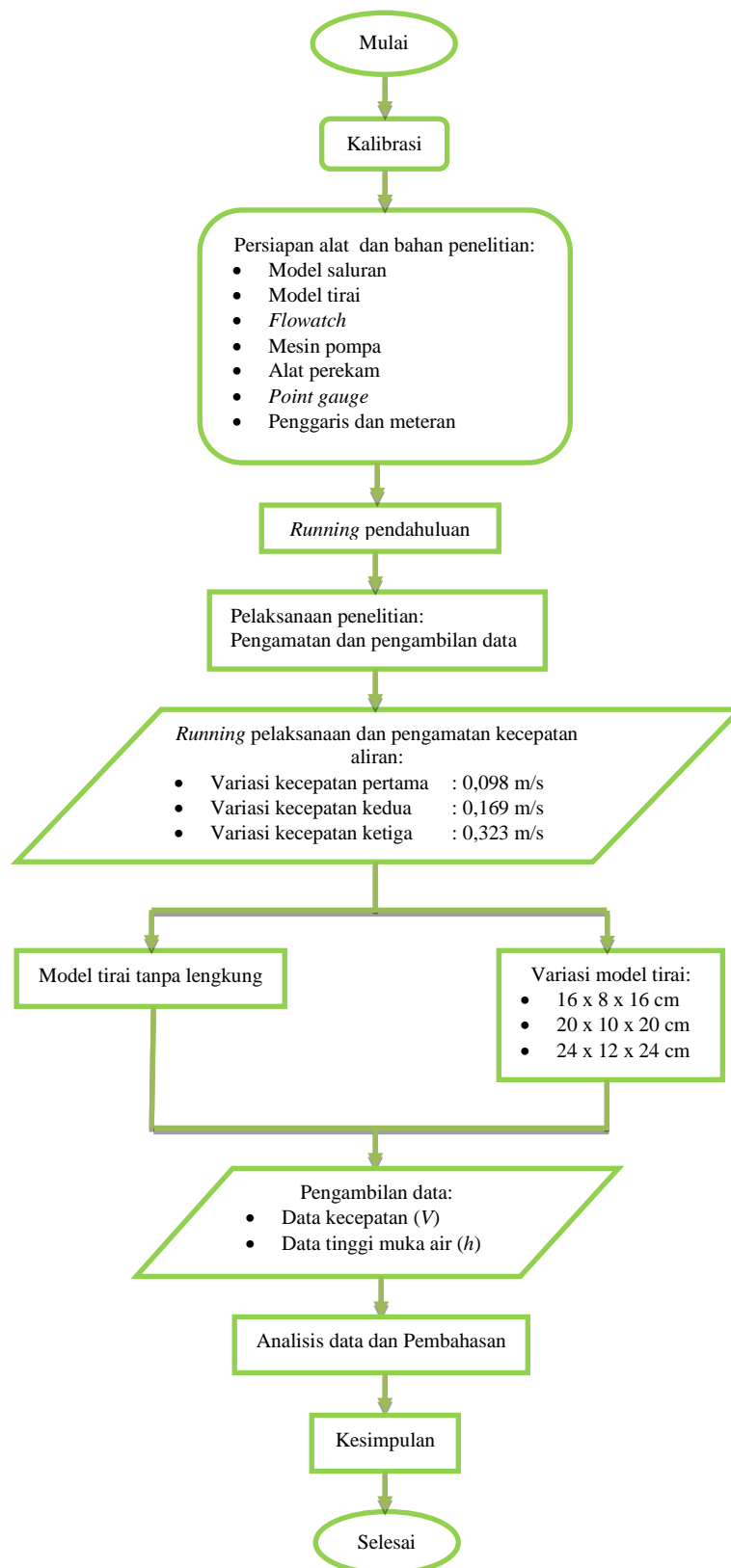
- b. Saluran terbuka diatur sedemikian rupa sehingga dasar saluran menjadi datar.
- c. Air dialirkan dengan membuka kran pengatur debit pengaliran pada *flume* sampai aliran menjadi tenang dan ketinggian air di dalam *flume* mencapai batas yang diinginkan.
- d. Peneliti mengambil data kecepatan dengan menggunakan *flowatch* dalam keadaan saluran bebas sebelum meletakkan model tirai untuk kemudian menjadi bahan perbandingan karena penelitian ini berpatokan pada variabel kecepatan aliran maka yang divariasikan dalam hal ini adalah kecepatan aliran air dalam *flume* dalam keadaan bebas (model tirai belum diletakkan). Kran debit pengaliran diatur sedemikian rupa hingga diperoleh kecepatan yang diinginkan kemudian aliran air dibiarkan hingga tenang.
- e. Model tirai diletakkan di tengah-tengah *flume*, masing-masing di sisi kiri dan kanan saluran dan diletakkan saling berhadapan. Khusus untuk tirai bersisi lengkung, sisi cekungnya diletakkan di bagian dalam menghadap ke arah hulu saluran. Setelah diletakkan biarkan aliran air konstan.
- f. Beri tanda pada dinding *flume* untuk titik-titik pengambilan data kecepatan, masing-masing 20 cm, 70 cm dan 120 cm di depan tirai kemudian 20 cm, 70 cm dan 120 cm di belakang tirai. Yang kemudian

ditandai dengan angka 1-6 dimulai dari titik pengambilan data kecepatan terdepan tirai.

- g. Pengambilan data kecepatan dimulai dari titik terdepan tirai (titik 1) dimulai dari kiri ke kanan saluran secara melintang yang terbagi menjadi lima titik ( $V_1$ ,  $V_2$ ,  $V_3$ ,  $V_4$  dan  $V_5$ ) masing-masing titik berjarak 7,5 cm. Pada satu titik (melintang) tirai terdapat 15 (lima belas) titik pengambilan data masing-masing lima titik pada permukaan air (layer A), tengah air (layer B) dan dasar air (layer C).
- h. Selain data kecepatan dicatat pula tinggi maksimum dan minimum permukaan air pada masing-masing titik pengambilan data.
- i. Mengulangi percobaan dengan variasi kecepatan saluran bebas yang telah ditentukan dan mengganti model tirai. Untuk memudahkan pengambilan data peneliti mengganti model tirai hingga selesai *running* semua variasi model tirai untuk setiap satu variasi kecepatan bukan sebaliknya. Variasi kecepatan aliran yang digunakan adalah aliran subkritis, yakni 0,098 m/s, 0,169 m/s dan 0,323 m/s.

Pengukuran pada satu titik diambil secara vertikal dan horizontal untuk melihat kontur aliran pada setiap titik pengukuran. Data yang dihasilkan kemudian dianalisis dan dari analisis tersebut maka dibuatlah kesimpulan.

Untuk memudahkan dalam pelaksanaan penelitian dibuat alur penelitian. Secara lengkap bagan alur penelitian Pengaruh Buka-an Tirai Lengkung Terhadap kinematika aliran di saluran terbuka dapat dilihat pada:



**Gambar 3. 8** Diagram Alir Penelitian



## **BAB IV**

### **PEMBAHASAN**

#### **A. Umum**

Sesuai dengan maksud dan tujuan penelitian ini, yaitu untuk mengetahui pengaruh sisi lengkung yang terdapat pada model tirai terhadap pola aliran serta sifat aliran pada saluran yang dipengaruhi oleh kecepatan aliran ( $V$ ) dan tinggi muka air ( $h$ ) yang terjadi setelah melewati tirai.

Adapun untuk memperoleh nilai tinggi muka air ( $h$ ) yang terjadi dilakukan pengukuran pada penampang saluran sebelum dan sesudah penempatan model tirai. Dimana tinggi muka air dalam keadaan saluran bebas (sebelum penempatan model tirai) yakni 12,5 cm untuk keseluruhan variasi kecepatan aliran saluran bebas dan variasi model tirai.

#### **B. Hasil Penelitian**

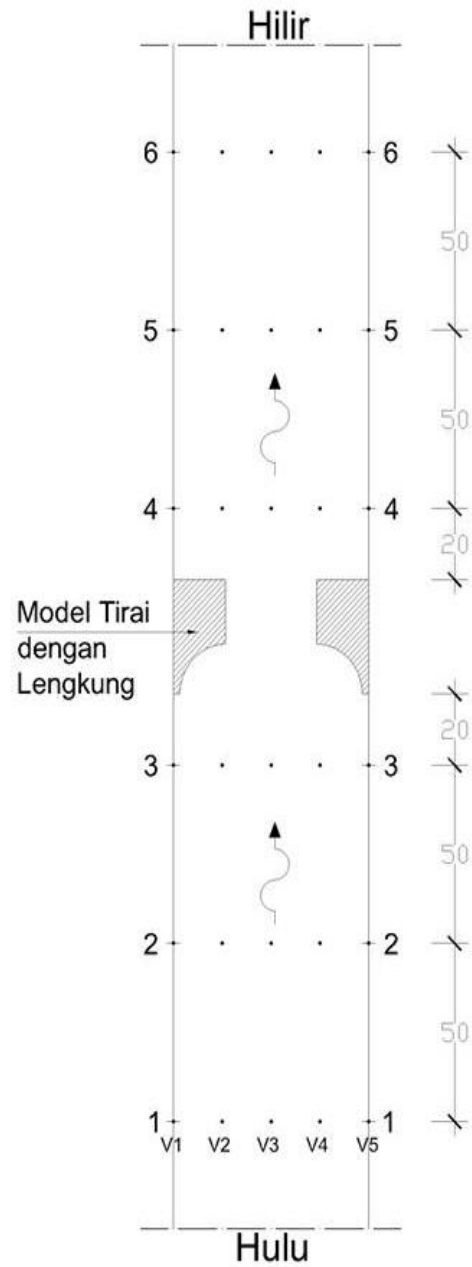
Dari hasil penelitian maka didapat beberapa grafik hubungan bentuk-bentuk yang berpengaruh dalam penelitian.

##### **1. Data Hasil Penelitian**

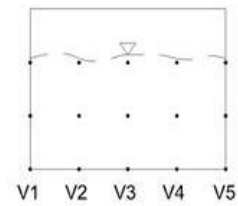
Dari penelitian yang dilakukan diperoleh data-data berikut yang menghasilkan kecepatan aliran ( $V$ ) yang diukur menggunakan *flowatch*. *Flowatch* memberikan data kecepatan secara otomatis terhadap aliran untuk setiap titik pengamatan yang telah ditentukan.

Titik-titik pengamatan kecepatan aliran adalah sebelum ada model tirai dan setelah penempatan model tirai.

- Tampak Atas Flume -  
Potongan Memanjang



- Tampak Depan Flume -  
Potongan Melintang



*Gambar 4. 1 Titik Pengambilan Data*

Data-data yang diperoleh dalam pengukuran tersebut dapat dilihat pada tabel-tabel berikut ini :

a. Kecepatan aliran dalam keadaan saluran bebas ( $V_0$ ) = 0,098 m/s

**Tabel 4. 1** Nilai Kecepatan Model Tirai dengan Lengkung Bukaannya 14 cm

Titik	L (m)	H (m)	Layer A					Layer B					Layer C				
			V1	V2	V3	V4	V5	V1	V2	V3	V4	V5	V1	V2	V3	V4	V5
1	1,20	0,120	0,095	0,104	0,139	0,107	0,099	0,084	0,090	0,102	0,092	0,085	0,072	0,085	0,101	0,086	0,083
2	0,70	0,119	0,097	0,105	0,109	0,107	0,097	0,082	0,094	0,099	0,095	0,083	0,078	0,084	0,098	0,085	0,082
3	0,20	0,115	0,100	0,107	0,108	0,108	0,103	0,089	0,099	0,105	0,100	0,090	0,075	0,091	0,104	0,097	0,085
4	0,20	0,110	0,073	0,255	0,260	0,258	0,245	0,032	0,067	0,253	0,071	0,038	0,026	0,050	0,248	0,061	0,032
5	0,70	0,108	0,175	0,229	0,252	0,248	0,187	0,022	0,140	0,218	0,154	0,071	0,006	0,077	0,191	0,110	0,011
6	1,20	0,105	0,143	0,175	0,200	0,186	0,153	0,035	0,109	0,167	0,114	0,052	0,018	0,053	0,163	0,073	0,025

**Tabel 4. 2** Nilai Kecepatan Model Tirai dengan Lengkung Bukaannya 10 cm

Titik	L (m)	H (m)	Layer A					Layer B					Layer C				
			V1	V2	V3	V4	V5	V1	V2	V3	V4	V5	V1	V2	V3	V4	V5
1	1,20	0,123	0,093	0,098	0,102	0,102	0,094	0,080	0,089	0,097	0,092	0,081	0,079	0,084	0,094	0,087	0,080
2	0,70	0,12	0,092	0,100	0,103	0,102	0,097	0,077	0,089	0,099	0,089	0,084	0,070	0,084	0,097	0,085	0,076
3	0,20	0,118	0,100	0,106	0,109	0,108	0,103	0,080	0,096	0,105	0,099	0,080	0,078	0,085	0,103	0,095	0,079
4	0,20	0,106	0,108	0,345	0,351	0,350	0,276	0,037	0,076	0,344	0,076	0,041	0,004	0,048	0,332	0,067	0,034
5	0,70	0,105	0,124	0,281	0,330	0,284	0,230	0,065	0,109	0,262	0,120	0,089	0,054	0,104	0,251	0,106	0,055
6	1,20	0,104	0,197	0,232	0,270	0,238	0,201	0,030	0,145	0,212	0,160	0,074	0,006	0,076	0,204	0,139	0,029

**Tabel 4. 3** Nilai Kecepatan Model Tirai dengan Lengkung Bukaannya 6 cm

Titik	L (m)	H (m)	Layer A					Layer B					Layer C				
			V1	V2	V3	V4	V5	V1	V2	V3	V4	V5	V1	V2	V3	V4	V5
1	1,20	0,127	0,085	0,093	0,097	0,095	0,086	0,075	0,082	0,093	0,084	0,077	0,070	0,079	0,087	0,081	0,072
2	0,70	0,126	0,086	0,093	0,101	0,095	0,088	0,080	0,085	0,093	0,085	0,081	0,050	0,082	0,090	0,084	0,069
3	0,20	0,122	0,088	0,095	0,102	0,096	0,089	0,073	0,087	0,091	0,088	0,077	0,065	0,078	0,090	0,085	0,066
4	0,20	0,099	0,119	0,486	0,577	0,553	0,160	0,036	0,043	0,353	0,101	0,036	0,023	0,039	0,209	0,043	0,032
5	0,70	0,098	0,211	0,362	0,437	0,410	0,253	0,044	0,137	0,357	0,177	0,072	0,011	0,105	0,311	0,120	0,018
6	1,20	0,097	0,203	0,302	0,319	0,315	0,214	0,032	0,134	0,259	0,166	0,052	0,012	0,070	0,243	0,099	0,019

**Tabel 4. 4** Nilai Kecepatan Model Tirai TANPA Lengkung Bukaannya 10 cm

Titik	L (m)	H (m)	Layer A					Layer B					Layer C				
			V1	V2	V3	V4	V5	V1	V2	V3	V4	V5	V1	V2	V3	V4	V5
1	1,20	0,121	0,103	0,108	0,109	0,108	0,103	0,089	0,095	0,108	0,095	0,090	0,074	0,092	0,105	0,094	0,086
2	0,70	0,119	0,096	0,103	0,109	0,108	0,096	0,084	0,094	0,100	0,095	0,087	0,075	0,091	0,100	0,092	0,082
3	0,20	0,117	0,101	0,109	0,198	0,112	0,105	0,091	0,099	0,108	0,101	0,094	0,069	0,096	0,107	0,097	0,081
4	0,20	0,106	0,094	0,324	0,335	0,333	0,194	0,054	0,085	0,244	0,087	0,067	0,006	0,070	0,234	0,073	0,036
5	0,70	0,105	0,157	0,258	0,293	0,279	0,230	0,075	0,114	0,255	0,119	0,076	0,063	0,081	0,231	0,097	0,072
6	1,20	0,103	0,160	0,198	0,212	0,210	0,162	0,029	0,120	0,188	0,137	0,047	0,001	0,063	0,183	0,098	0,012

b. Kecepatan aliran dalam keadaan saluran bebas ( $V_0$ ) = 0,169 m/s

**Tabel 4. 5** Nilai Kecepatan Model Tirai dengan Lengkung Bukaannya 14 cm

Titik	L (m)	H (m)	Layer A					Layer B					Layer C				
			V1	V2	V3	V4	V5	V1	V2	V3	V4	V5	V1	V2	V3	V4	V5
1	1,20	0,126	0,162	0,169	0,180	0,169	0,165	0,141	0,149	0,167	0,159	0,143	0,134	0,147	0,166	0,149	0,139
2	0,70	0,124	0,162	0,173	0,175	0,174	0,163	0,143	0,157	0,173	0,160	0,148	0,139	0,156	0,172	0,156	0,142
3	0,20	0,120	0,174	0,181	0,183	0,181	0,181	0,149	0,162	0,181	0,168	0,152	0,140	0,159	0,181	0,161	0,144
4	0,20	0,106	0,137	0,459	0,485	0,468	0,446	0,030	0,122	0,454	0,127	0,064	0,006	0,081	0,450	0,086	0,018
5	0,70	0,106	0,273	0,380	0,397	0,388	0,289	0,076	0,206	0,320	0,272	0,087	0,006	0,124	0,290	0,158	0,046
6	1,20	0,106	0,245	0,282	0,314	0,297	0,250	0,135	0,196	0,264	0,208	0,156	0,056	0,167	0,255	0,175	0,131

**Tabel 4. 6** Nilai Kecepatan Model Tirai dengan Lengkung Bukaannya 10 cm

Titik	L (m)	H (m)	Layer A					Layer B					Layer C				
			V1	V2	V3	V4	V5	V1	V2	V3	V4	V5	V1	V2	V3	V4	V5
1	1,20	0,131	0,154	0,163	0,166	0,164	0,154	0,130	0,139	0,157	0,142	0,133	0,124	0,134	0,155	0,139	0,128
2	0,70	0,129	0,155	0,164	0,168	0,168	0,157	0,138	0,150	0,163	0,152	0,141	0,130	0,144	0,158	0,146	0,136
3	0,20	0,127	0,155	0,170	0,173	0,171	0,163	0,138	0,145	0,167	0,152	0,142	0,133	0,142	0,164	0,143	0,138
4	0,20	0,098	0,147	0,683	0,703	0,684	0,210	0,022	0,126	0,490	0,127	0,043	0,007	0,074	0,284	0,115	0,020
5	0,70	0,098	0,345	0,555	0,593	0,589	0,491	0,100	0,211	0,535	0,266	0,150	0,034	0,180	0,514	0,195	0,052
6	1,20	0,098	0,334	0,434	0,466	0,462	0,397	0,079	0,207	0,422	0,314	0,083	0,039	0,085	0,407	0,097	0,066

**Tabel 4. 7** Nilai Kecepatan Model Tirai dengan Lengkung Bukaannya 6 cm

Titik	L (m)	H (m)	Layer A					Layer B					Layer C				
			V1	V2	V3	V4	V5	V1	V2	V3	V4	V5	V1	V2	V3	V4	V5
1	1,20	0,158	0,108	0,113	0,192	0,119	0,108	0,101	0,106	0,108	0,106	0,102	0,082	0,103	0,108	0,106	0,091
2	0,70	0,157	0,107	0,115	0,119	0,116	0,109	0,096	0,104	0,114	0,106	0,101	0,089	0,102	0,111	0,103	0,095
3	0,20	0,153	0,107	0,113	0,115	0,114	0,107	0,097	0,106	0,109	0,107	0,097	0,089	0,100	0,109	0,104	0,093
4	0,20	0,068	0,177	1,156	1,186	1,186	0,201	0,102	0,119	0,570	0,166	0,103	0,010	0,109	0,203	0,112	0,085
5	0,70	0,085	0,296	0,368	0,410	0,372	0,310	0,193	0,276	0,367	0,277	0,234	0,106	0,249	0,327	0,260	0,171
6	1,20	0,085	0,285	0,340	0,486	0,357	0,293	0,121	0,236	0,318	0,275	0,161	0,087	0,204	0,312	0,228	0,121

**Tabel 4. 8** Nilai Kecepatan Model Tirai TANPA Lengkung Bukaannya 10 cm

Titik	L (m)	H (m)	Layer A					Layer B					Layer C				
			V1	V2	V3	V4	V5	V1	V2	V3	V4	V5	V1	V2	V3	V4	V5
1	1,20	0,128	0,147	0,156	0,165	0,159	0,149	0,139	0,144	0,151	0,146	0,141	0,121	0,141	0,150	0,144	0,134
2	0,70	0,125	0,153	0,156	0,168	0,162	0,153	0,137	0,150	0,155	0,153	0,145	0,132	0,148	0,155	0,150	0,132
3	0,20	0,123	0,160	0,166	0,169	0,166	0,161	0,141	0,154	0,163	0,158	0,148	0,114	0,151	0,162	0,154	0,138
4	0,20	0,101	0,471	0,559	0,579	0,563	0,485	0,081	0,131	0,539	0,302	0,084	0,022	0,099	0,530	0,118	0,057
5	0,70	0,104	0,238	0,465	0,482	0,476	0,396	0,098	0,218	0,448	0,227	0,101	0,041	0,102	0,416	0,129	0,076
6	1,20	0,103	0,222	0,325	0,366	0,355	0,263	0,027	0,156	0,317	0,221	0,057	0,007	0,095	0,281	0,134	0,026

c. Kecepatan aliran dalam keadaan saluran bebas ( $V_0$ ) = 0,323 m/s

**Tabel 4. 9** Nilai Kecepatan Model Tirai dengan Lengkung Buka 14 cm

Titik	L (m)	H (m)	Layer A					Layer B					Layer C				
			V1	V2	V3	V4	V5	V1	V2	V3	V4	V5	V1	V2	V3	V4	V5
1	1,20	0,131	0,239	0,247	0,251	0,247	0,240	0,215	0,234	0,245	0,237	0,221	0,196	0,224	0,241	0,227	0,214
2	0,70	0,128	0,237	0,253	0,254	0,251	0,237	0,220	0,225	0,240	0,234	0,221	0,198	0,222	0,240	0,225	0,210
3	0,20	0,125	0,242	0,257	0,265	0,262	0,242	0,215	0,232	0,257	0,240	0,218	0,184	0,224	0,252	0,229	0,215
4	0,20	0,09	0,512	0,765	2,960	0,774	0,530	0,107	0,248	0,746	0,445	0,140	0,055	0,171	0,550	0,182	0,066
5	0,70	0,102	0,341	0,554	0,784	0,570	0,353	0,079	0,330	0,530	0,332	0,114	0,025	0,120	0,423	0,252	0,079
6	1,20	0,10	0,333	0,397	0,427	0,417	0,341	0,254	0,324	0,369	0,332	0,256	0,146	0,271	0,347	0,316	0,236

**Tabel 4. 10** Nilai Kecepatan Model Tirai dengan Lengkung Buka 10 cm

Titik	L (m)	H (m)	Layer A					Layer B					Layer C				
			V1	V2	V3	V4	V5	V1	V2	V3	V4	V5	V1	V2	V3	V4	V5
1	1,20	0,15	0,188	0,199	0,201	0,199	0,194	0,166	0,175	0,195	0,180	0,171	0,121	0,173	0,195	0,173	0,161
2	0,70	0,146	0,181	0,194	0,205	0,199	0,187	0,156	0,174	0,193	0,178	0,164	0,138	0,168	0,187	0,173	0,148
3	0,20	0,143	0,193	0,199	0,920	0,201	0,197	0,168	0,186	0,199	0,187	0,170	0,151	0,179	0,199	0,182	0,152
4	0,20	0,08	0,395	1,083	1,099	1,083	0,745	0,022	0,219	0,938	0,250	0,036	0,001	0,107	0,829	0,150	0,003
5	0,70	0,098	0,325	0,464	0,691	0,501	0,333	0,098	0,259	0,441	0,261	0,101	0,012	0,171	0,413	0,180	0,076
6	1,20	0,095	0,341	0,443	0,470	0,447	0,350	0,228	0,328	0,421	0,338	0,255	0,095	0,259	0,401	0,269	0,180

**Tabel 4. 11** Nilai Kecepatan Model Tirai dengan Lengkung Buka 6 cm

Titik	L (m)	H (m)	Layer A					Layer B					Layer C				
			V1	V2	V3	V4	V5	V1	V2	V3	V4	V5	V1	V2	V3	V4	V5
1	1,20	0,161	0,113	0,123	0,124	0,123	0,119	0,102	0,108	0,122	0,109	0,104	0,091	0,106	0,119	0,106	0,100
2	0,70	0,158	0,113	0,122	0,128	0,125	0,114	0,106	0,111	0,121	0,112	0,107	0,093	0,107	0,119	0,109	0,104
3	0,20	0,158	0,117	0,122	0,130	0,126	0,118	0,105	0,114	0,122	0,115	0,107	0,098	0,108	0,118	0,113	0,101
4	0,20	0,07	0,223	1,086	1,271	1,200	0,339	0,093	0,188	0,747	0,220	0,128	0,013	0,161	0,669	0,172	0,029
5	0,70	0,085	0,218	0,330	0,630	0,384	0,235	0,130	0,210	0,299	0,213	0,174	0,067	0,183	0,297	0,183	0,111
6	1,20	0,085	0,292	0,356	0,440	0,426	0,308	0,191	0,253	0,348	0,272	0,215	0,102	0,226	0,336	0,245	0,159

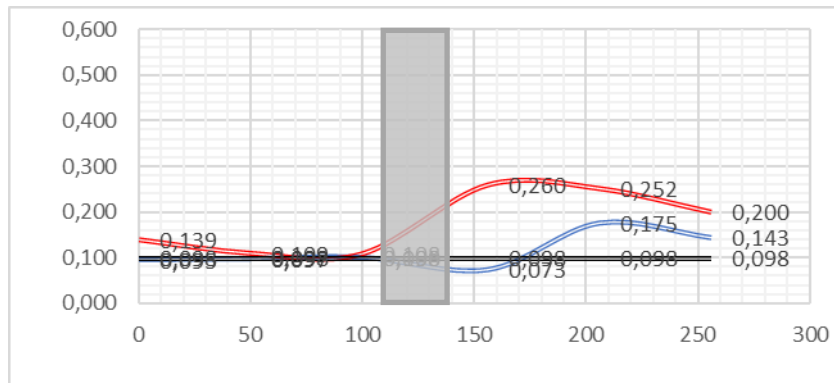
**Tabel 4. 12** Nilai Kecepatan Model Tirai TANPA Lengkung Buka 10 cm

Titik	L (m)	H (m)	Layer A					Layer B					Layer C				
			V1	V2	V3	V4	V5	V1	V2	V3	V4	V5	V1	V2	V3	V4	V5
1	1,20	0,141	0,199	0,216	0,216	0,216	0,199	0,176	0,198	0,207	0,199	0,180	0,151	0,191	0,202	0,184	0,163
2	0,70	0,139	0,207	0,218	0,218	0,216	0,205	0,167	0,196	0,216	0,194	0,180	0,131	0,182	0,209	0,182	0,156
3	0,20	0,136	0,202	0,220	0,222	0,218	0,204	0,187	0,195	0,217	0,199	0,191	0,149	0,191	0,215	0,194	0,156
4	0,20	0,80	0,500	1,045	1,046	1,021	0,449	0,007	0,181	0,876	0,146	0,051	0,004	0,082	0,642	0,067	0,005
5	0,70	0,95	0,406	0,444	0,619	0,474	0,410	0,059	0,294	0,441	0,400	0,103	0,004	0,139	0,419	0,205	0,043
6	1,20	0,95	0,397	0,461	0,658	0,474	0,403	0,163	0,354	0,440	0,372	0,170	0,043	0,218	0,438	0,251	0,133

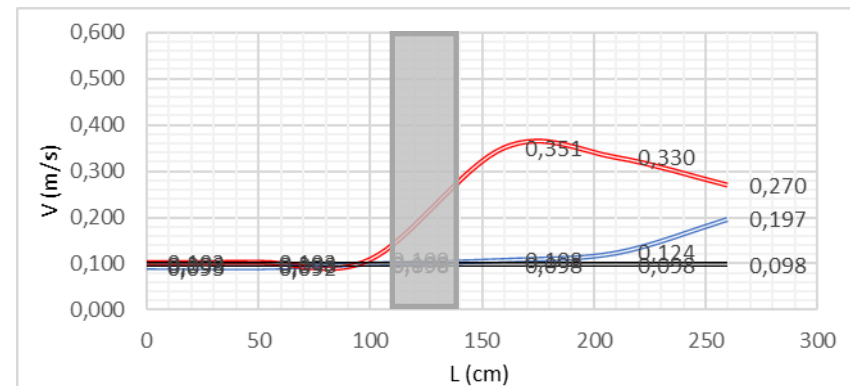
## 2. Pembahasan

### a. Grafik perubahan kecepatan aliran

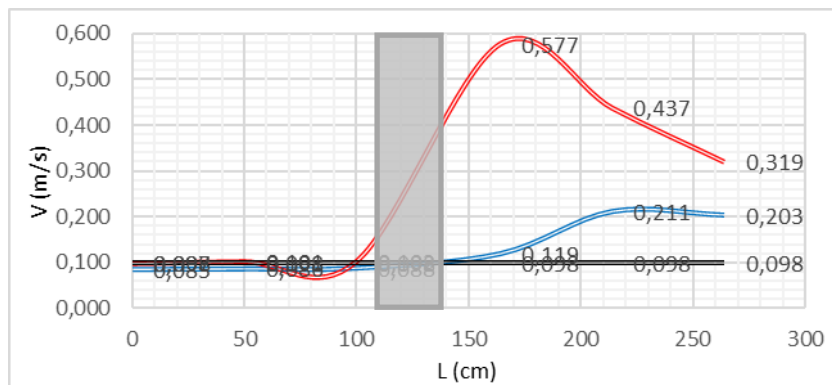
#### 1) Grafik perubahan kecepatan aliran ditinjau secara memanjang saluran



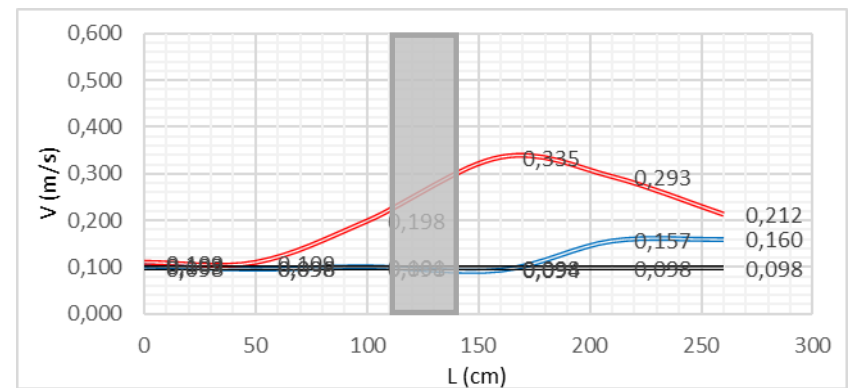
**Gambar 4. 2** Grafik perubahan kecepatan aliran ( $V_0 = 0,098$  m/s) bukaan 14 cm



**Gambar 4. 3** Grafik perubahan kecepatan aliran ( $V_0 = 0,098$  m/s) bukaan 10 cm

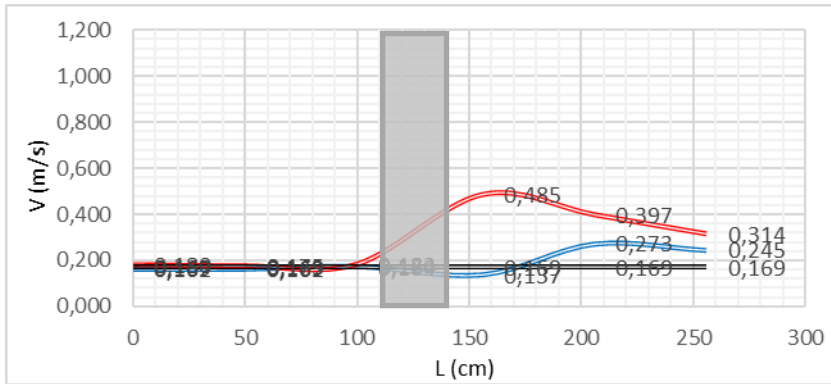


**Gambar 4. 4** Grafik perubahan kecepatan aliran ( $V_0 = 0,098$  m/s) bukaan 6 cm

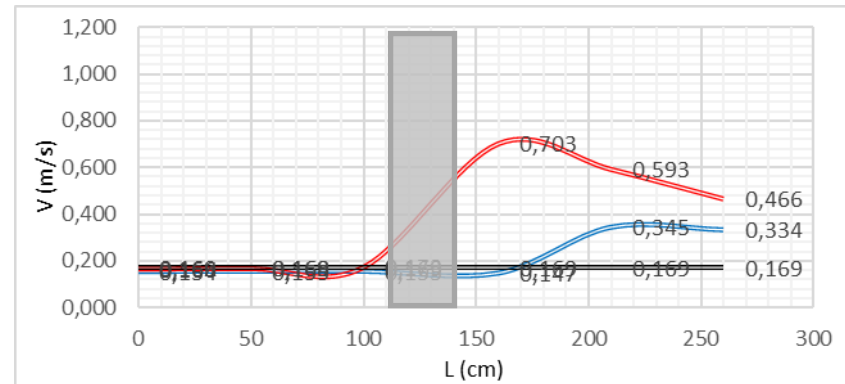


**Gambar 4. 5** Grafik perubahan kecepatan aliran ( $V_0 = 0,098$  m/s) tanpa lengkung

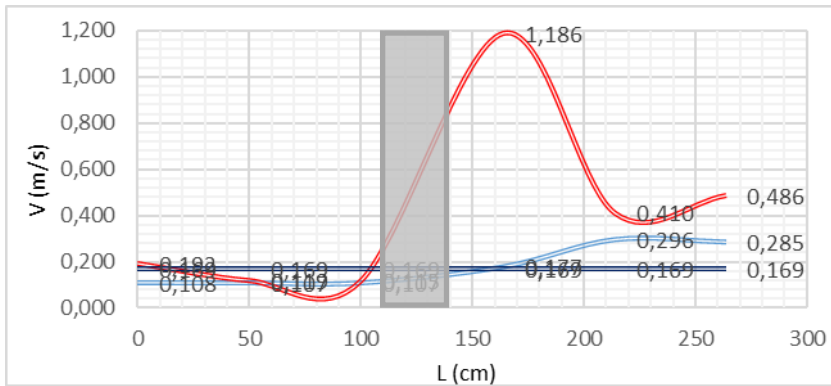
Pada gambar terlihat bahwa secara umum perubahan kecepatan aliran berubah meningkat secara drastis setelah air melewati model tirai. Hal ini ditunjukkan oleh grafik dengan garis merah yang nilainya diambil dari nilai  $V_3$  (titik pengambilan data di tengah secara memanjang saluran) masing-masing titik pada layer A. Nilai kecepatan aliran yang diperoleh antara 0,108 m/s sampai 0,260 m/s untuk bukaan 14 cm, 0,102 m/s sampai 0,351 m/s untuk bukaan 10 cm dan 0,101 m/s sampai 0,577 m/s untuk bukaan 6 cm. Kenaikan kecepatan maksimal untuk masing-masing model tirai terjadi pada titik 4 atau titik pengambilan data yang tepat berada di belakang tirai. Kenaikan yang dialami berbanding terbalik dengan lebar bukaan model tirai yang semakin kecil. Jadi, semakin kecil lebar bukaan model tirai maka semakin besar perubahan meningkat kecepatan alirannya. Nilai kecepatan minimal yang diperoleh 0,073 m/s lebih kecil dari nilai  $V_0$  memperlihatkan bahwa penempatan model tirai pada saluran terbuka memberikan dampak meredam kecepatan aliran serta membendung pada daerah di depan model tirai tersebut. Adapun nilai kecepatan aliran dari  $V_1$  (titik pengambilan data di ujung/ dinding saluran secara memanjang saluran) yang ditunjukkan oleh garis biru memperlihatkan bahwa perubahan kecepatan aliran yang terjadi tidak konsisten pola meningkat atau menurunnya pada setiap peningkatan bukaan pada model tirai yang memperlihatkan secara jelas aliran turbulen yang terjadi akibat pengaruh keberadaan model tirai.



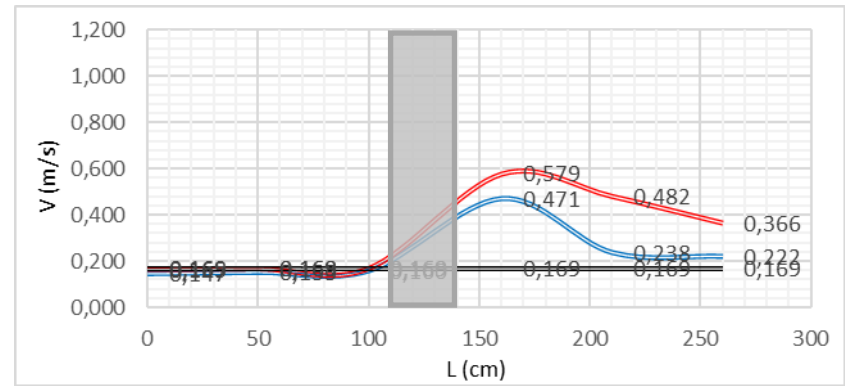
**Gambar 4. 6** Grafik perubahan kecepatan aliran ( $V_0 = 0,169$  m/s) bukaan 14 cm



**Gambar 4. 7** Grafik perubahan kecepatan aliran ( $V_0 = 0,169$  m/s) bukaan 10 cm



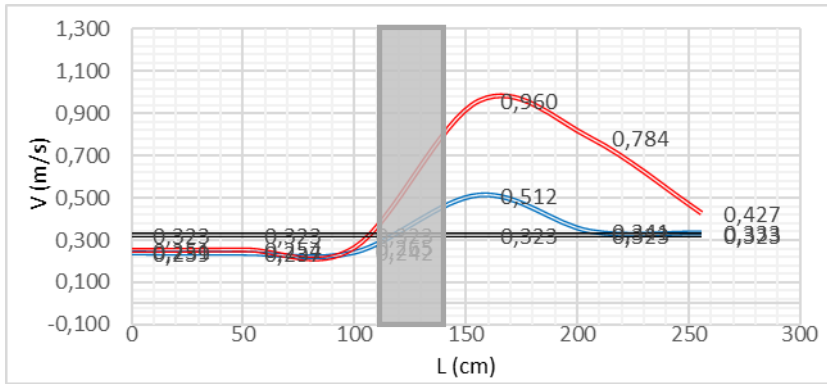
**Gambar 4. 8** Grafik perubahan kecepatan aliran ( $V_0 = 0,169$  m/s) bukaan 6 cm



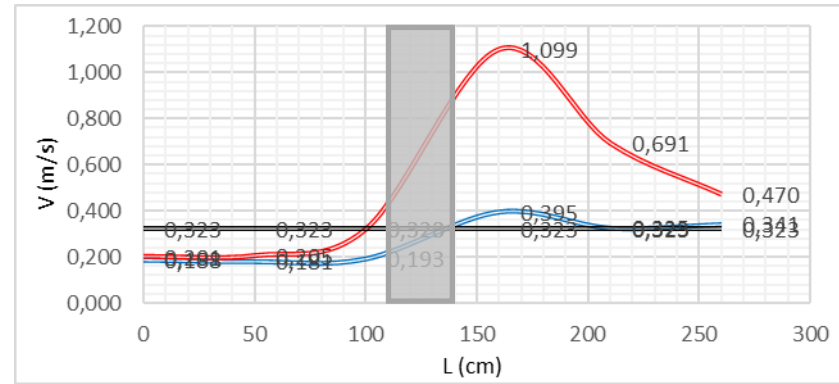
**Gambar 4. 9** Grafik perubahan kecepatan aliran ( $V_0 = 0,169$  m/s) tanpa lengkung



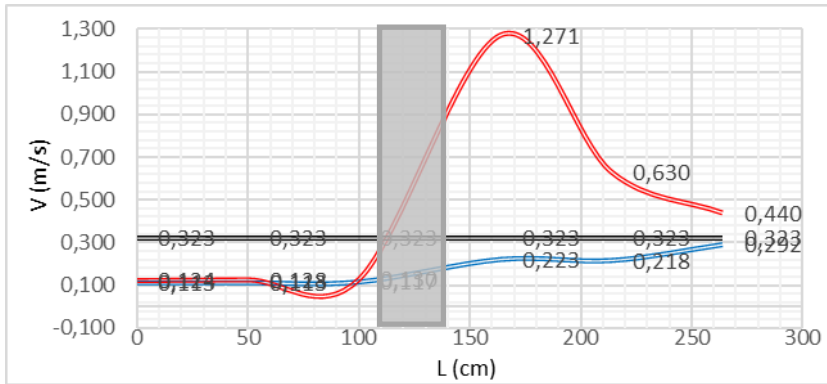
Pada gambar terlihat bahwa secara umum perubahan kecepatan aliran berubah meningkat secara drastis setelah air melewati model tirai. Hal ini ditunjukkan oleh grafik dengan garis merah yang nilainya diambil dari nilai  $V_3$  (titik pengambilan data di tengah secara memanjang saluran) masing-masing titik pada layer A. Nilai kecepatan aliran yang diperoleh antara 0,175 m/s sampai 0,485 m/s untuk bukaan 14 cm, 0,166 m/s sampai 0,703 m/s untuk bukaan 10 cm dan 0,195 m/s sampai 1,186 m/s untuk bukaan 6 cm. Kenaikan kecepatan maksimal untuk masing-masing model tirai terjadi pada titik 4 atau titik pengambilan data yang tepat berada di belakang tirai. Kenaikan yang dialami berbanding terbalik dengan lebar bukaan model tirai yang semakin kecil. Jadi, semakin kecil lebar bukaan model tirai maka semakin besar perubahan meningkat kecepatan alirannya. Nilai kecepatan minimal yang diperoleh 0,162 m/s lebih kecil dari nilai  $V_0$  memperlihatkan bahwa penempatan model tirai pada saluran terbuka memberikan dampak meredam kecepatan aliran serta membendung pada daerah di depan model tirai tersebut. Adapun nilai kecepatan aliran dari  $V_1$  (titik pengambilan data di ujung/ dinding saluran secara memanjang saluran) yang ditunjukkan oleh garis biru memperlihatkan bahwa perubahan kecepatan aliran yang terjadi tidak konsisten pola meningkat atau menurunnya pada setiap peningkatan bukaan pada model tirai yang memperlihatkan secara jelas aliran turbulen yang terjadi akibat pengaruh keberadaan model tirai.



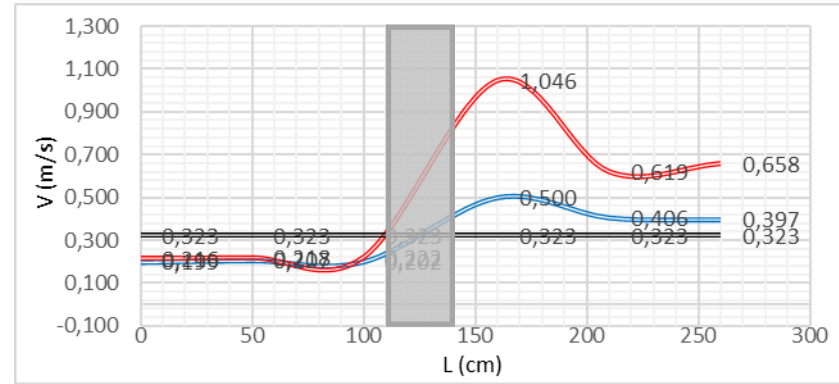
**Gambar 4. 10** Grafik perubahan kecepatan aliran ( $V_0 = 0,323$  m/s) bukaan 14 cm



**Gambar 4. 11** Grafik perubahan kecepatan aliran ( $V_0 = 0,323$  m/s) bukaan 10 cm



**Gambar 4. 12** Grafik perubahan kecepatan aliran ( $V_0 = 0,323$  m/s) bukaan 6 cm

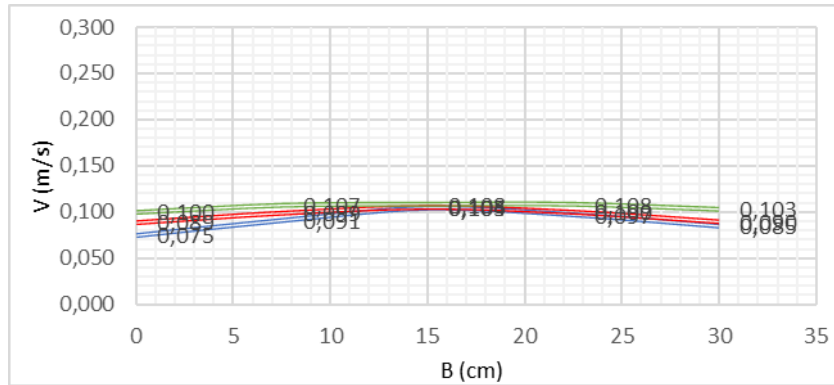


**Gambar 4. 13** Grafik perubahan kecepatan aliran ( $V_0 = 0,323$  m/s) tanpa lengkung

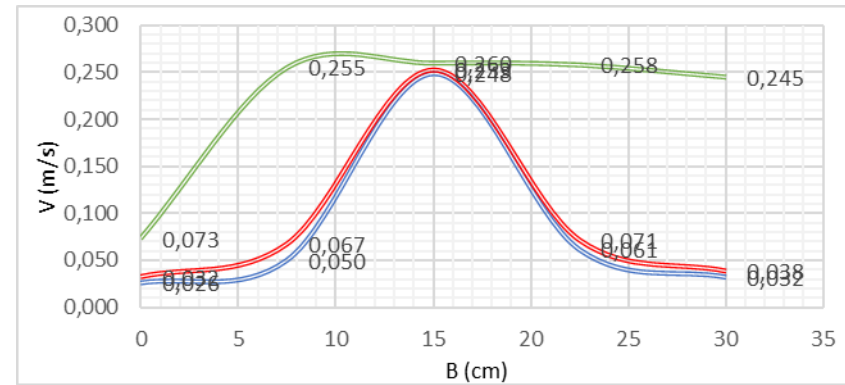
Pada gambar terlihat bahwa secara umum perubahan kecepatan aliran berubah meningkat secara drastis setelah air melewati model tirai. Hal ini ditunjukkan oleh grafik dengan garis merah yang nilainya diambil dari nilai  $V_3$  (titik pengambilan data di tengah secara memanjang saluran) masing-masing titik pada layer A. Nilai kecepatan aliran yang diperoleh antara 0,251 m/s sampai 0,960 m/s untuk bukaan 14 cm, 0,201 m/s sampai 1,099 m/s untuk bukaan 10 cm dan 0,124 m/s sampai 1,271 m/s untuk bukaan 6 cm. Kenaikan kecepatan maksimal untuk masing-masing model tirai terjadi pada titik 4 atau titik pengambilan data yang tepat berada di belakang tirai. Kenaikan yang dialami berbanding terbalik dengan lebar bukaan model tirai yang semakin kecil. Jadi, semakin kecil lebar bukaan model tirai maka semakin besar perubahan meningkat kecepatan alirannya. Nilai kecepatan minimal yang diperoleh 0,237 m/s lebih kecil dari nilai  $V_0$  memperlihatkan bahwa penempatan model tirai pada saluran terbuka memberikan dampak meredam kecepatan aliran serta membendung pada daerah di depan model tirai tersebut. Adapun nilai kecepatan aliran dari  $V_1$  (titik pengambilan data di ujung/ dinding saluran secara memanjang saluran) yang ditunjukkan oleh garis biru memperlihatkan bahwa perubahan kecepatan aliran yang terjadi tidak konsisten pola meningkat atau menurunnya pada setiap peningkatan bukaan pada model tirai yang memperlihatkan secara jelas aliran turbulen yang terjadi akibat pengaruh keberadaan model tirai.

Secara keseluruhan setelah menganalisis pola kecepatan aliran pada ketiga variasi  $V_0$  dapat terlihat dengan jelas bahwa semakin besar nilai  $V_0$  maka semakin besar pula nilai kecepatan aliran yang terjadi pada fluida setelah ditempatkan model tirai di dalam saluran terbuka, khususnya kenaikan kecepatan aliran pada titik-titik pengukuran di belakang model tirai.

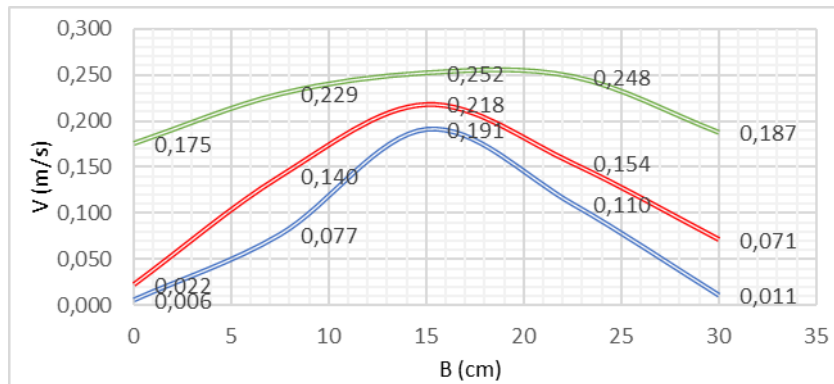
2) Grafik perubahan kecepatan aliran ditinjau secara melintang saluran



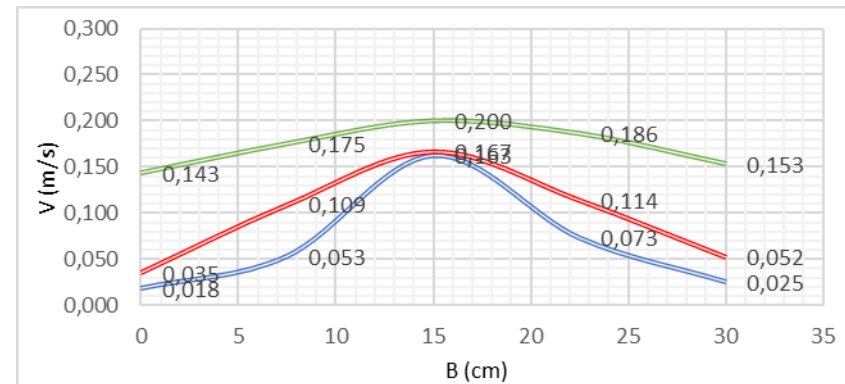
**Gambar 4. 14** Grafik perubahan kecepatan aliran ( $V_0 = 0,098 \text{ m/s}$ ) bukaan 14 cm titik 3



**Gambar 4. 15** Grafik perubahan kecepatan aliran ( $V_0 = 0,098 \text{ m/s}$ ) bukaan 14 cm titik 4



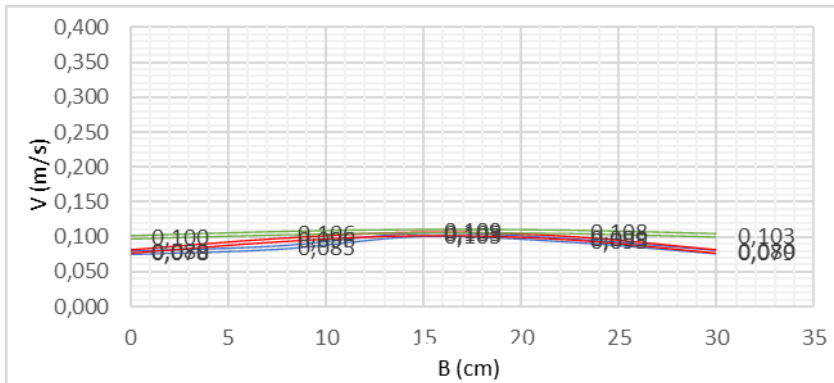
**Gambar 4. 16** Grafik perubahan kecepatan aliran ( $V_0 = 0,098 \text{ m/s}$ ) bukaan 14 cm titik 5



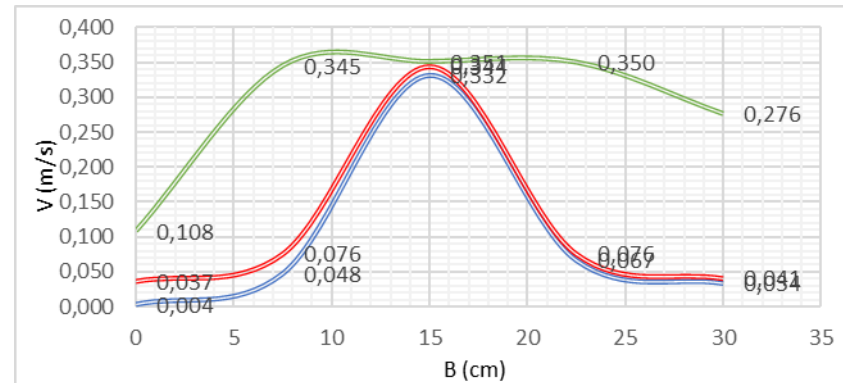
**Gambar 4. 17** Grafik perubahan kecepatan aliran ( $V_0 = 0,098 \text{ m/s}$ ) bukaan 14 cm titik 6

Pada gambar terlihat bahwa secara umum pola aliran yang terjadi sesuai dengan teori yang ada dimana kecepatan aliran pada permukaan air cenderung lebih besar dibandingkan pola kecepatan aliran yang terjadi pada tengah dan dasar saluran. Grafik menunjukkan pola kecepatan aliran yang terjadi pada titik 3 (titik pengukuran tepat di depan model tirai) dan titik di belakang model tirai (titik 4, 5 dan 6). Dimana titik pengukuran 4 merupakan titik dimana kecepatan aliran maksimal terjadi dan kemudian berangsur-angsur menurun di titik ke-5 dan ke-6.

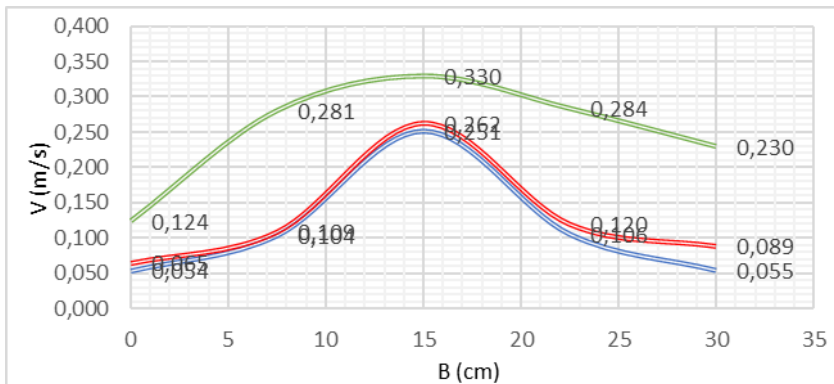
Nilai kecepatan aliran yang diperoleh antara 0,075 m/s sampai 0,108 m/s untuk titik 3 (tiga), 0,026 m/s sampai 0,260 m/s untuk titik 4 (empat), 0,006 m/s sampai 0,252 m/s untuk titik 5 (lima) dan 0,018 m/s sampai 0,200 m/s untuk titik 6 (enam). Nilai-nilai kecepatan aliran yang diperoleh memperlihatkan bahwa perubahan kecepatan aliran yang terjadi tidak konsisten pola meningkat atau menurunnya pada setiap peningkatan bukaan pada model tirai yang memperlihatkan secara jelas aliran turbulensi yang terjadi akibat pengaruh keberadaan model tirai.



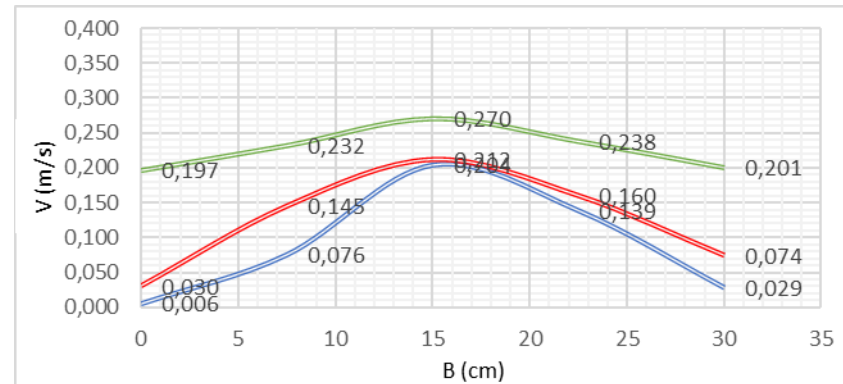
**Gambar 4. 18** Grafik perubahan kecepatan aliran ( $V_0 = 0,098$  m/s) bukaan 10 cm titik 3



**Gambar 4. 19** Grafik perubahan kecepatan aliran ( $V_0 = 0,098$  m/s) bukaan 10 cm titik 4



**Gambar 4. 20** Grafik perubahan kecepatan aliran ( $V_0 = 0,098$  m/s) bukaan 10 cm titik 5

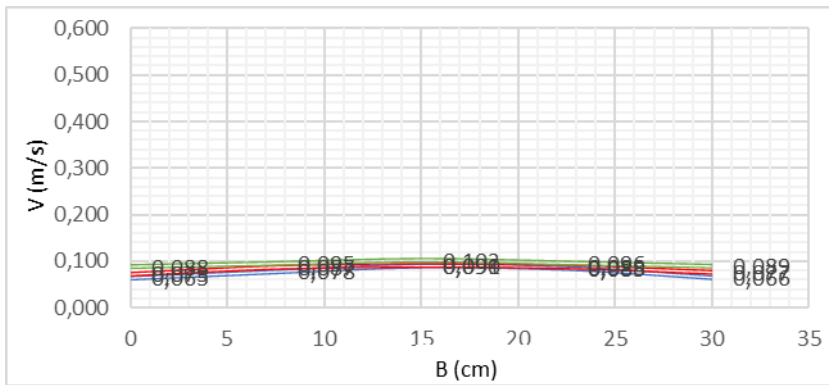


**Gambar 4. 21** Grafik perubahan kecepatan aliran ( $V_0 = 0,098$  m/s) bukaan 10 cm titik 6

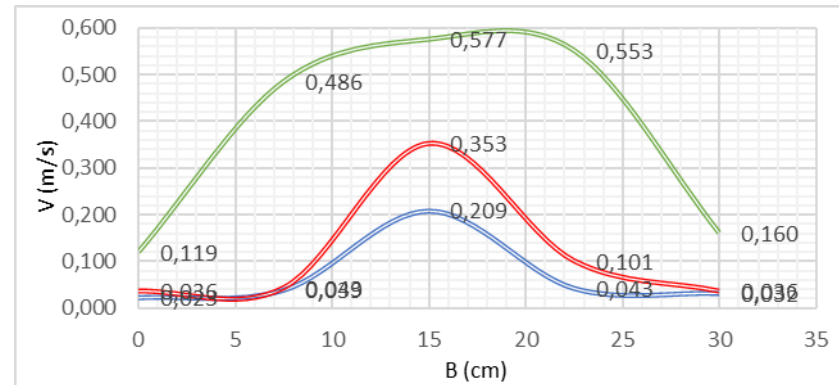
Pada gambar terlihat bahwa secara umum pola aliran yang terjadi sesuai dengan teori yang ada dimana kecepatan aliran pada permukaan air cenderung lebih besar dibandingkan pola kecepatan aliran yang terjadi pada tengah dan dasar saluran. Grafik menunjukkan pola kecepatan aliran yang terjadi pada titik 3 (titik pengukuran tepat di depan model tirai) dan titik di belakang model tirai (titik 4, 5 dan 6). Dimana titik pengukuran 4 merupakan titik dimana kecepatan aliran maksimal terjadi dan kemudian berangsur-angsur menurun di titik ke-5 dan ke-6.

Nilai kecepatan aliran yang diperoleh antara 0,078 m/s sampai 0,109 m/s untuk titik 3 (tiga), 0,004 m/s sampai 0,351 m/s untuk titik 4 (empat), 0,054 m/s sampai 0,330 m/s untuk titik 5 (lima) dan 0,006 m/s sampai 0,270 m/s untuk titik 6 (enam). Nilai-nilai kecepatan aliran yang diperoleh memperlihatkan bahwa perubahan kecepatan aliran yang terjadi tidak konsisten pola meningkat atau menurunnya pada setiap peningkatan bukaan pada model tirai yang memperlihatkan secara jelas aliran turbulensi yang terjadi akibat pengaruh keberadaan model tirai.

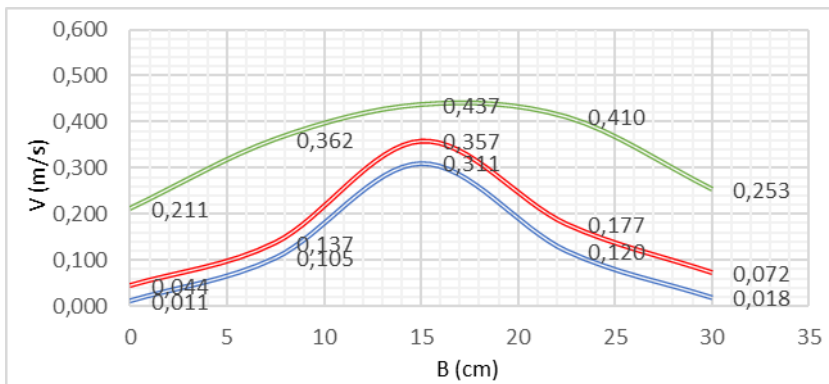




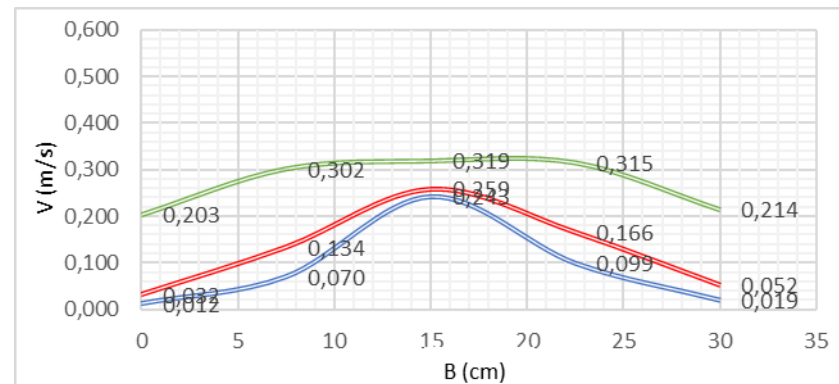
**Gambar 4. 22** Grafik perubahan kecepatan aliran ( $V_0 = 0,098 \text{ m/s}$ ) bukaan 6 cm titik 3



**Gambar 4. 23** Grafik perubahan kecepatan aliran ( $V_0 = 0,098 \text{ m/s}$ ) bukaan 6 cm titik 4



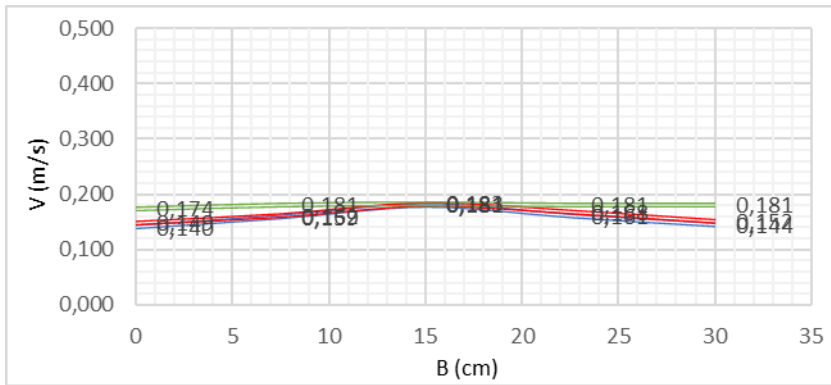
**Gambar 4. 24** Grafik perubahan kecepatan aliran ( $V_0 = 0,098 \text{ m/s}$ ) bukaan 6 cm titik 5



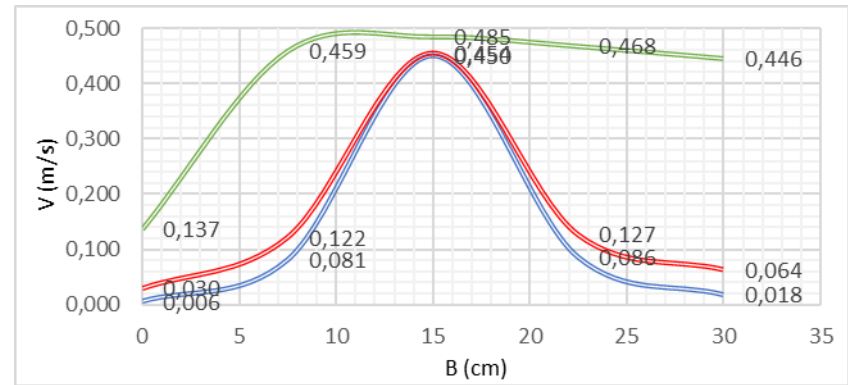
**Gambar 4. 25** Grafik perubahan kecepatan aliran ( $V_0 = 0,098 \text{ m/s}$ ) bukaan 6 cm titik 6

Pada gambar terlihat bahwa secara umum pola aliran yang terjadi sesuai dengan teori yang ada dimana kecepatan aliran pada permukaan air cenderung lebih besar dibandingkan pola kecepatan aliran yang terjadi pada tengah dan dasar saluran. Grafik menunjukkan pola kecepatan aliran yang terjadi pada titik 3 (titik pengukuran tepat di depan model tirai) dan titik di belakang model tirai (titik 4, 5 dan 6). Dimana titik pengukuran 4 merupakan titik dimana kecepatan aliran maksimal terjadi dan kemudian berangsur-angsur menurun di titik ke-5 dan ke-6.

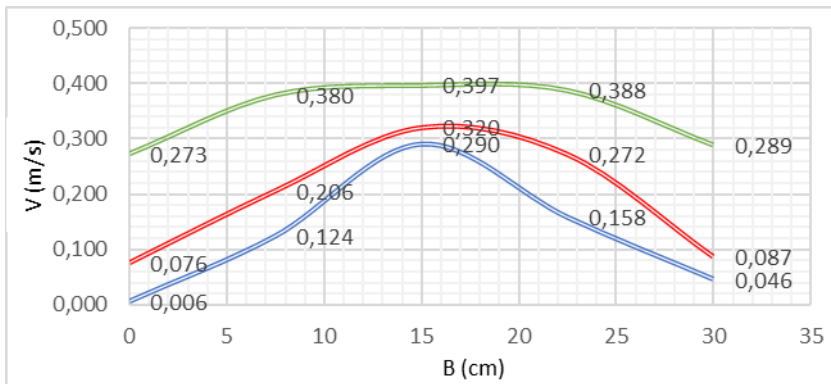
Nilai kecepatan aliran yang diperoleh antara 0,065 m/s sampai 0,102 m/s untuk titik 3 (tiga), 0,023 m/s sampai 0,577 m/s untuk titik 4 (empat), 0,011 m/s sampai 0,437 m/s untuk titik 5 (lima) dan 0,012 m/s sampai 0,139 m/s untuk titik 6 (enam). Nilai-nilai kecepatan aliran yang diperoleh memperlihatkan bahwa perubahan kecepatan aliran yang terjadi tidak konsisten pola meningkat atau menurunnya pada setiap peningkatan bukaan pada model tirai yang memperlihatkan secara jelas aliran turbulensi yang terjadi akibat pengaruh keberadaan model tirai.



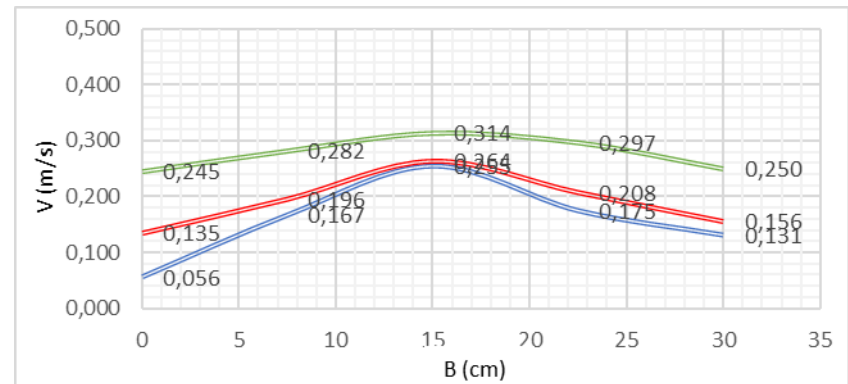
**Gambar 4. 26** Grafik perubahan kecepatan aliran ( $V_0 = 0,169 \text{ m/s}$ ) bukaan 14 cm titik 3



**Gambar 4. 27** Grafik perubahan kecepatan aliran ( $V_0 = 0,169 \text{ m/s}$ ) bukaan 14 cm titik 4



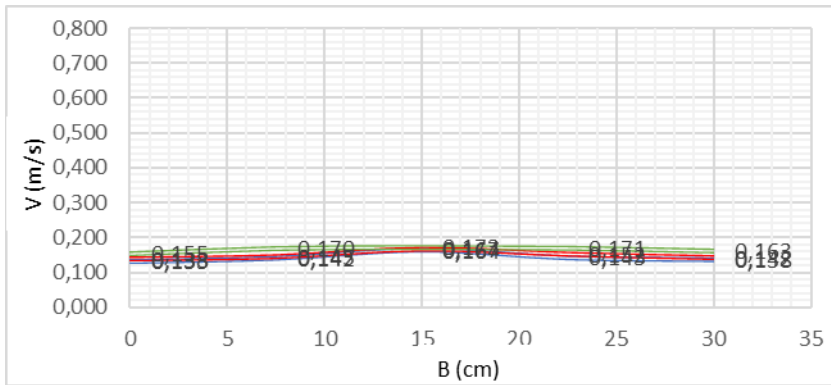
**Gambar 4. 28** Grafik perubahan kecepatan aliran ( $V_0 = 0,169 \text{ m/s}$ ) bukaan 14 cm titik 5



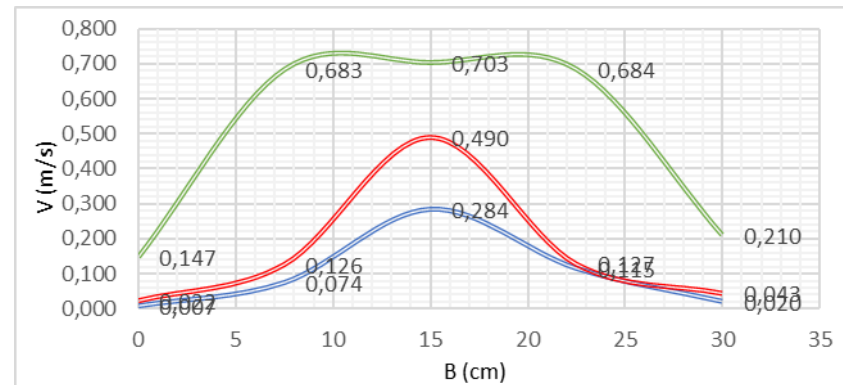
**Gambar 4. 29** Grafik perubahan kecepatan aliran ( $V_0 = 0,169 \text{ m/s}$ ) bukaan 14 cm titik 6

Pada gambar terlihat bahwa secara umum pola aliran yang terjadi sesuai dengan teori yang ada dimana kecepatan aliran pada permukaan air cenderung lebih besar dibandingkan pola kecepatan aliran yang terjadi pada tengah dan dasar saluran. Grafik menunjukkan pola kecepatan aliran yang terjadi pada titik 3 (titik pengukuran tepat di depan model tirai) dan titik di belakang model tirai (titik 4, 5 dan 6). Dimana titik pengukuran 4 merupakan titik dimana kecepatan aliran maksimal terjadi dan kemudian berangsur-angsur menurun di titik ke-5 dan ke-6.

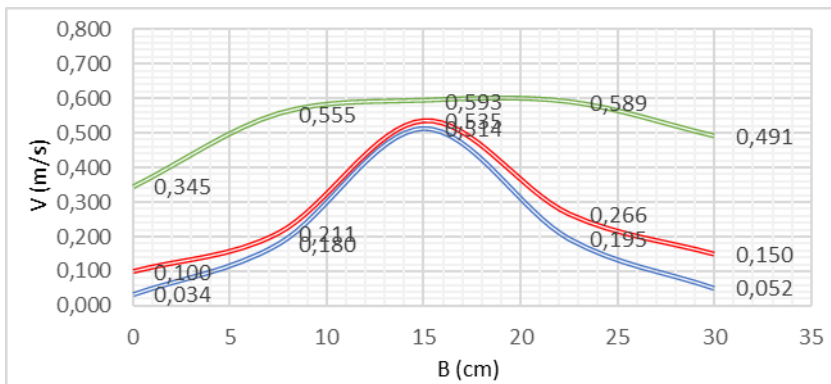
Nilai kecepatan aliran yang diperoleh antara 0,140 m/s sampai 0,183 m/s untuk titik 3 (tiga), 0,006 m/s sampai 0,485 m/s untuk titik 4 (empat), 0,006 m/s sampai 0,397 m/s untuk titik 5 (lima) dan 0,056 m/s sampai 0,314 m/s untuk titik 6 (enam). Nilai-nilai kecepatan aliran yang diperoleh memperlihatkan bahwa perubahan kecepatan aliran yang terjadi tidak konsisten pola meningkat atau menurunnya pada setiap peningkatan bukaan pada model tirai yang memperlihatkan secara jelas aliran turbulensi yang terjadi akibat pengaruh keberadaan model tirai.



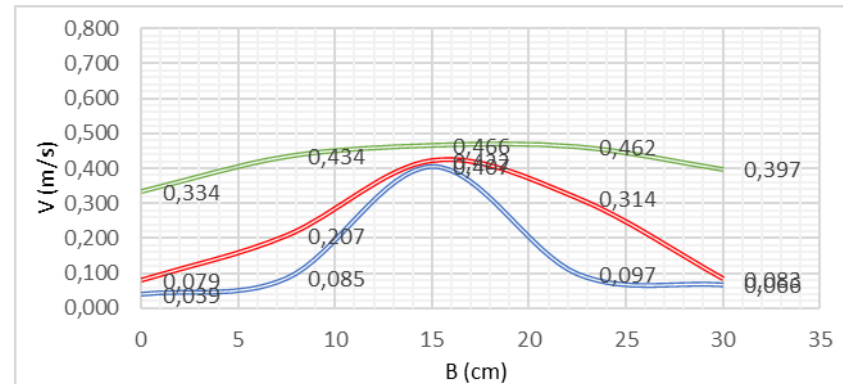
**Gambar 4. 30** Grafik perubahan kecepatan aliran ( $V_0 = 0,169$  m/s) bukaan 10 cm titik 3



**Gambar 4. 31** Grafik perubahan kecepatan aliran ( $V_0 = 0,169$  m/s) bukaan 10 cm titik 4



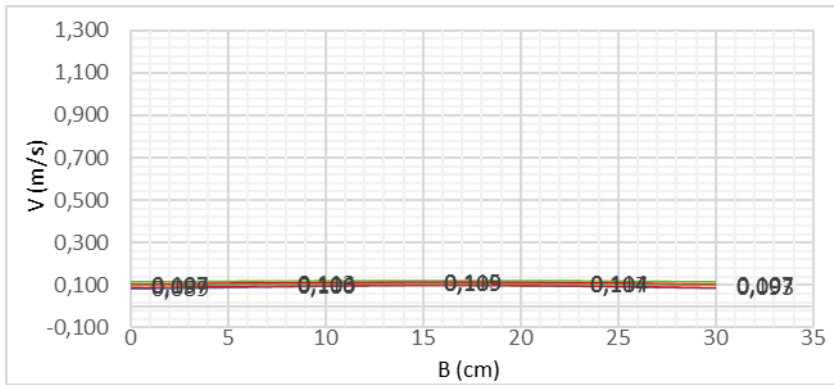
**Gambar 4. 32** Grafik perubahan kecepatan aliran ( $V_0 = 0,169$  m/s) bukaan 10 cm titik 5



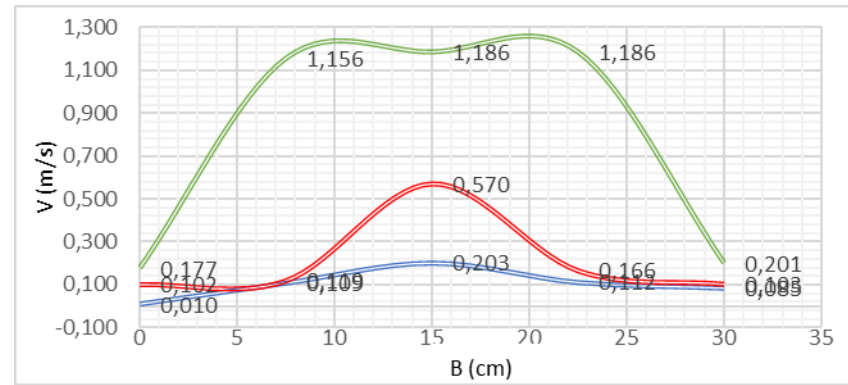
**Gambar 4. 33** Grafik perubahan kecepatan aliran ( $V_0 = 0,169$  m/s) bukaan 10 cm titik 6

Pada gambar terlihat bahwa secara umum pola aliran yang terjadi sesuai dengan teori yang ada dimana kecepatan aliran pada permukaan air cenderung lebih besar dibandingkan pola kecepatan aliran yang terjadi pada tengah dan dasar saluran. Grafik menunjukkan pola kecepatan aliran yang terjadi pada titik 3 (titik pengukuran tepat di depan model tirai) dan titik di belakang model tirai (titik 4, 5 dan 6). Dimana titik pengukuran 4 merupakan titik dimana kecepatan aliran maksimal terjadi dan kemudian berangsur-angsur menurun di titik ke-5 dan ke-6.

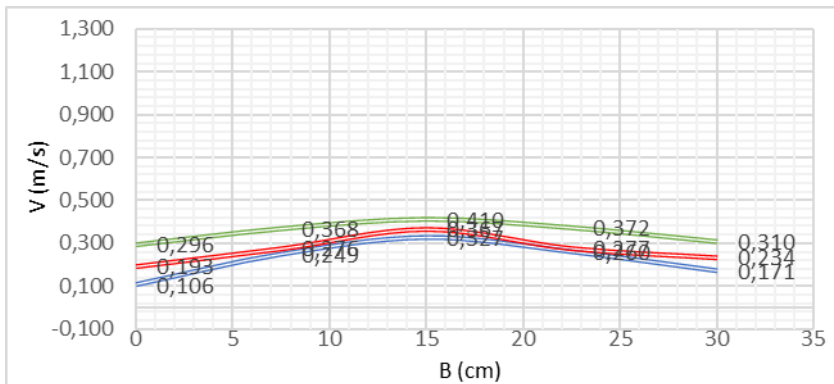
Nilai kecepatan aliran yang diperoleh antara 0,133 m/s sampai 0,173 m/s untuk titik 3 (tiga), 0,007 m/s sampai 0,703 m/s untuk titik 4 (empat), 0,034 m/s sampai 0,593 m/s untuk titik 5 (lima) dan 0,039 m/s sampai 0,466 m/s untuk titik 6 (enam). Nilai-nilai kecepatan aliran yang diperoleh memperlihatkan bahwa perubahan kecepatan aliran yang terjadi tidak konsisten pola meningkat atau menurunnya pada setiap peningkatan bukaan pada model tirai yang memperlihatkan secara jelas aliran turbulensi yang terjadi akibat pengaruh keberadaan model tirai.



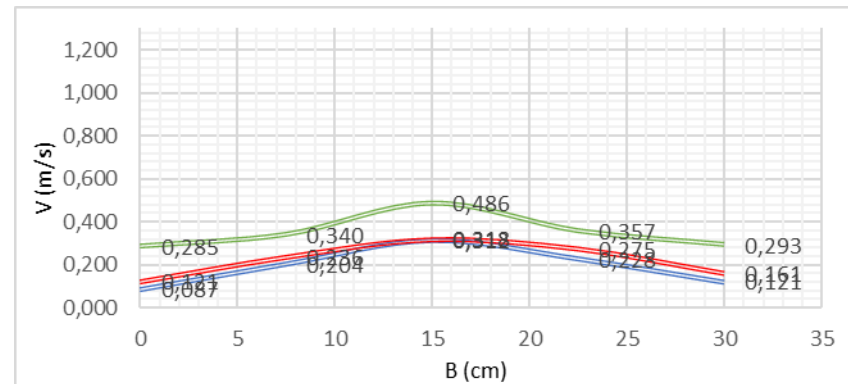
**Gambar 4. 34** Grafik perubahan kecepatan aliran ( $V_0 = 0,169$  m/s) bukaan 6 cm titik 3



**Gambar 4. 35** Grafik perubahan kecepatan aliran ( $V_0 = 0,169$  m/s) bukaan 6 cm titik 4



**Gambar 4. 36** Grafik perubahan kecepatan aliran ( $V_0 = 0,169$  m/s) bukaan 6 cm titik 5

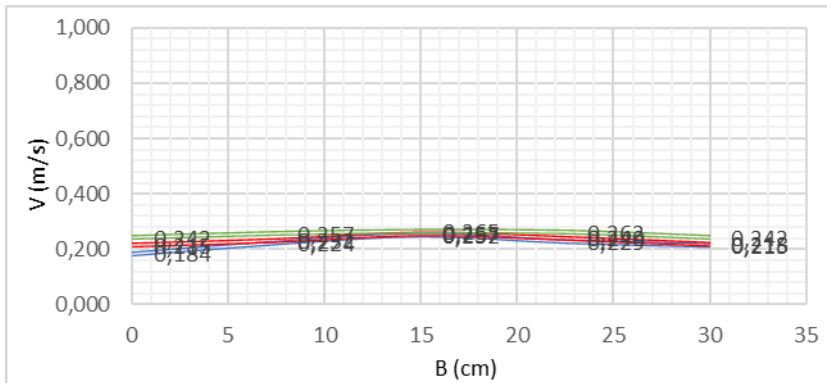


**Gambar 4. 37** Grafik perubahan kecepatan aliran ( $V_0 = 0,169$  m/s) bukaan 6 cm titik 6

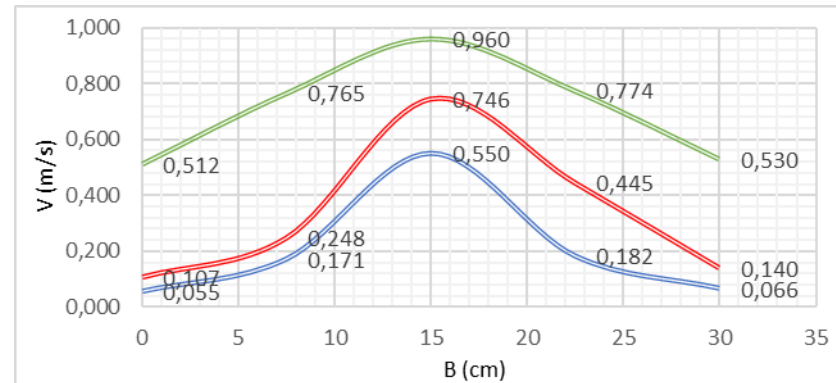
Pada gambar terlihat bahwa secara umum pola aliran yang terjadi sesuai dengan teori yang ada dimana kecepatan aliran pada permukaan air cenderung lebih besar dibandingkan pola kecepatan aliran yang terjadi pada tengah dan dasar saluran. Grafik menunjukkan pola kecepatan aliran yang terjadi pada titik 3 (titik pengukuran tepat di depan model tirai) dan titik di belakang model tirai (titik 4, 5 dan 6). Dimana titik pengukuran 4 merupakan titik dimana kecepatan aliran maksimal terjadi dan kemudian berangsur-angsur menurun di titik ke-5 dan ke-6.

Nilai kecepatan aliran yang diperoleh antara 0,089 m/s sampai 0,115 m/s untuk titik 3 (tiga), 0,010 m/s sampai 1,186 m/s untuk titik 4 (empat), 0,106 m/s sampai 0,410 m/s untuk titik 5 (lima) dan 0,087 m/s sampai 0,486 m/s untuk titik 6 (enam). Nilai-nilai kecepatan aliran yang diperoleh memperlihatkan bahwa perubahan kecepatan aliran yang terjadi tidak konsisten pola meningkat atau menurunnya pada setiap peningkatan bukaan pada model tirai yang memperlihatkan secara jelas aliran turbulensi yang terjadi akibat pengaruh keberadaan model tirai.

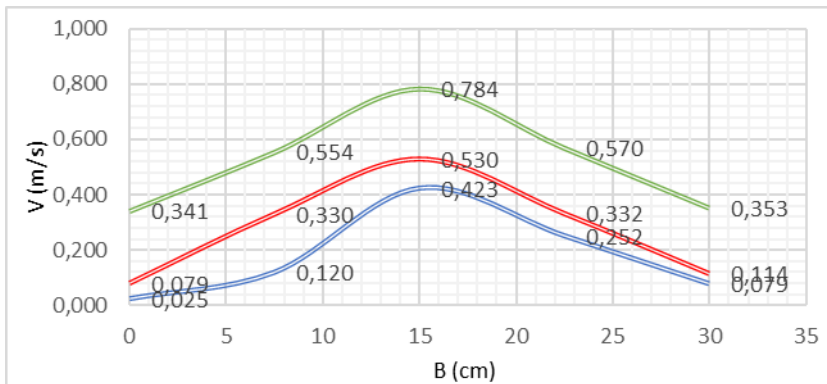




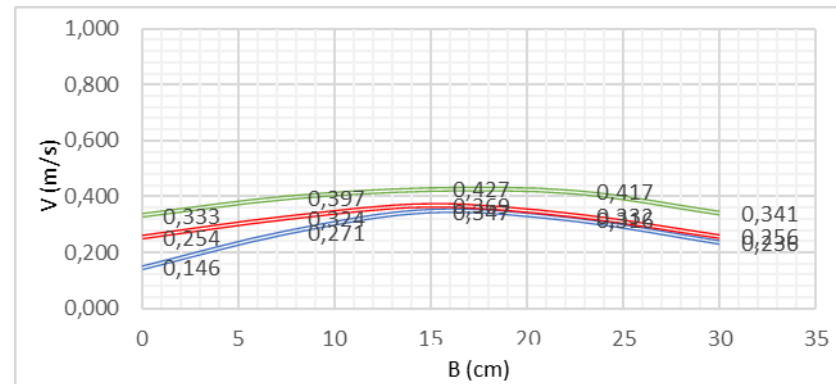
**Gambar 4. 38** Grafik perubahan kecepatan aliran ( $V_0 = 0,323 \text{ m/s}$ ) bukaan 14 cm titik 3



**Gambar 4. 39** Grafik perubahan kecepatan aliran ( $V_0 = 0,323 \text{ m/s}$ ) bukaan 14 cm titik 4



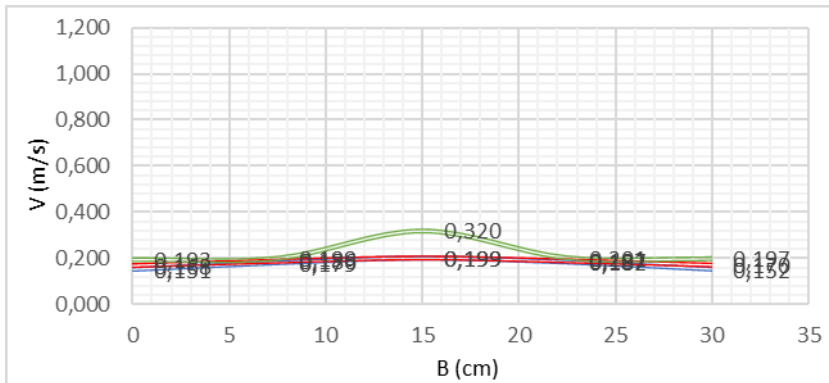
**Gambar 4. 40** Grafik perubahan kecepatan aliran ( $V_0 = 0,323 \text{ m/s}$ ) bukaan 14 cm titik 5



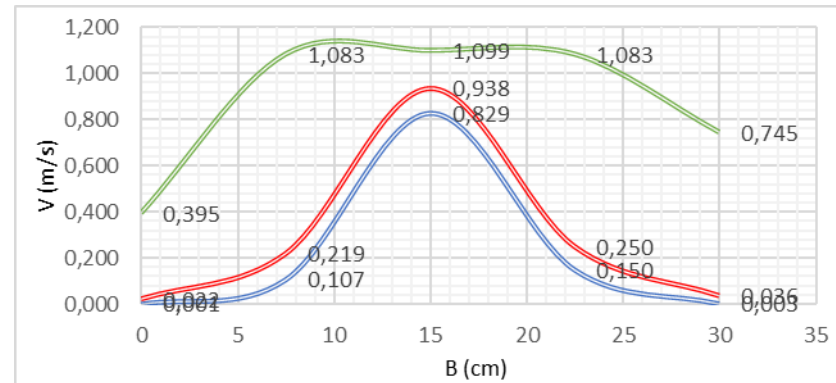
**Gambar 4. 41** Grafik perubahan kecepatan aliran ( $V_0 = 0,323 \text{ m/s}$ ) bukaan 14 cm titik 6

Pada gambar terlihat bahwa secara umum pola aliran yang terjadi sesuai dengan teori yang ada dimana kecepatan aliran pada permukaan air cenderung lebih besar dibandingkan pola kecepatan aliran yang terjadi pada tengah dan dasar saluran. Grafik menunjukkan pola kecepatan aliran yang terjadi pada titik 3 (titik pengukuran tepat di depan model tirai) dan titik di belakang model tirai (titik 4, 5 dan 6). Dimana titik pengukuran 4 merupakan titik dimana kecepatan aliran maksimal terjadi dan kemudian berangsur-angsur menurun di titik ke-5 dan ke-6.

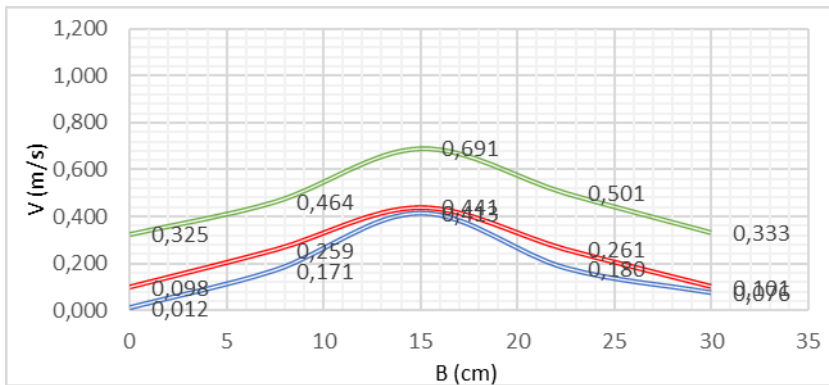
Nilai kecepatan aliran yang diperoleh antara 0,184 m/s sampai 0,265 m/s untuk titik 3 (tiga), 0,055 m/s sampai 0,960 m/s untuk titik 4 (empat), 0,025 m/s sampai 0,784 m/s untuk titik 5 (lima) dan 0,146 m/s sampai 0,427 m/s untuk titik 6 (enam). Nilai-nilai kecepatan aliran yang diperoleh memperlihatkan bahwa perubahan kecepatan aliran yang terjadi tidak konsisten pola meningkat atau menurunnya pada setiap peningkatan bukaan pada model tirai yang memperlihatkan secara jelas aliran turbulensi yang terjadi akibat pengaruh keberadaan model tirai.



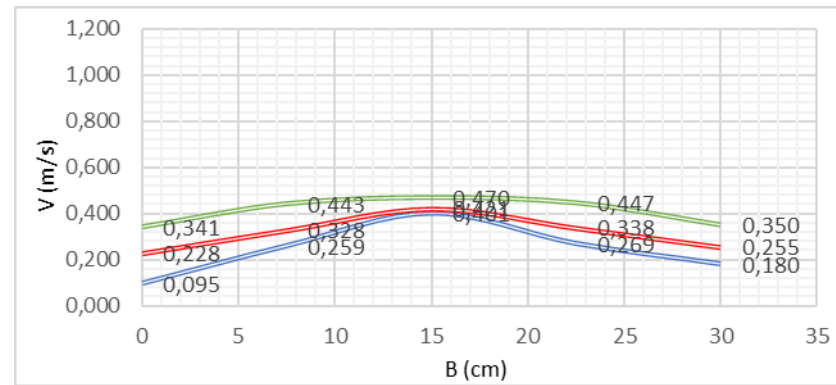
**Gambar 4. 42** Grafik perubahan kecepatan aliran ( $V_0 = 0,323 \text{ m/s}$ ) bukaan 10 cm titik 3



**Gambar 4. 43** Grafik perubahan kecepatan aliran ( $V_0 = 0,323 \text{ m/s}$ ) bukaan 10 cm titik 4



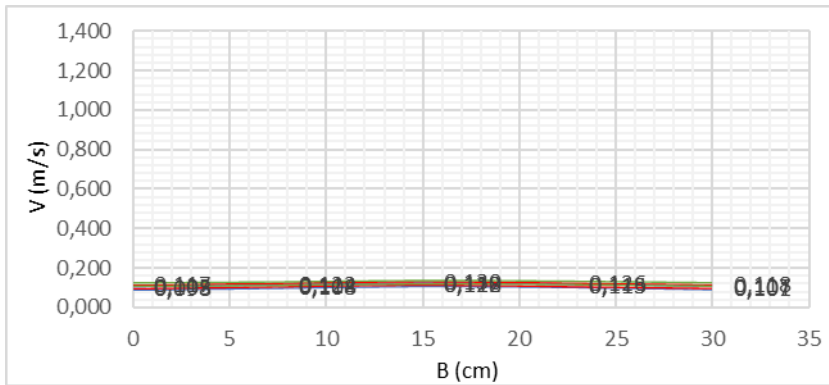
**Gambar 4. 44** Grafik perubahan kecepatan aliran ( $V_0 = 0,323 \text{ m/s}$ ) bukaan 10 cm titik 5



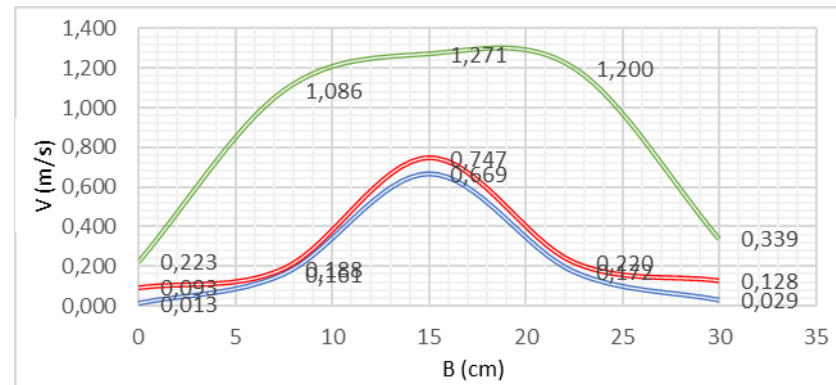
**Gambar 4. 45** Grafik perubahan kecepatan aliran ( $V_0 = 0,323 \text{ m/s}$ ) bukaan 10 cm titik 6

Pada gambar terlihat bahwa secara umum pola aliran yang terjadi sesuai dengan teori yang ada dimana kecepatan aliran pada permukaan air cenderung lebih besar dibandingkan pola kecepatan aliran yang terjadi pada tengah dan dasar saluran. Grafik menunjukkan pola kecepatan aliran yang terjadi pada titik 3 (titik pengukuran tepat di depan model tirai) dan titik di belakang model tirai (titik 4, 5 dan 6). Dimana titik pengukuran 4 merupakan titik dimana kecepatan aliran maksimal terjadi dan kemudian berangsur-angsur menurun di titik ke-5 dan ke-6.

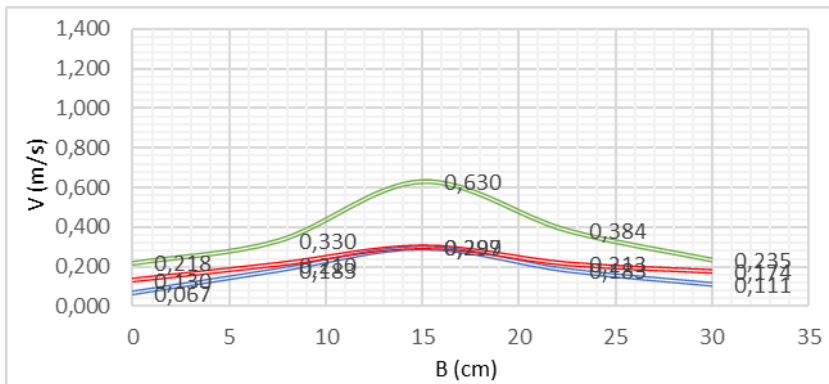
Nilai kecepatan aliran yang diperoleh antara 0,151 m/s sampai 0,320 m/s untuk titik 3 (tiga), 0,001 m/s sampai 1,099 m/s untuk titik 4 (empat), 0,012 m/s sampai 0,691 m/s untuk titik 5 (lima) dan 0,095 m/s sampai 0,470 m/s untuk titik 6 (enam). Nilai-nilai kecepatan aliran yang diperoleh memperlihatkan bahwa perubahan kecepatan aliran yang terjadi tidak konsisten pola meningkat atau menurunnya pada setiap peningkatan bukaan pada model tirai yang memperlihatkan secara jelas aliran turbulensi yang terjadi akibat pengaruh keberadaan model tirai.



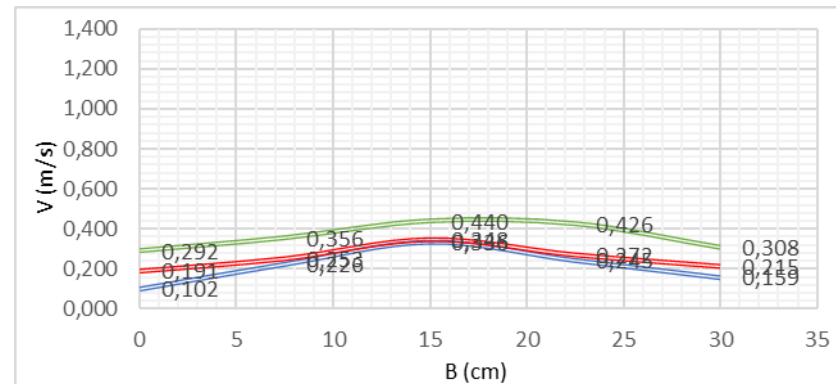
**Gambar 4. 46** Grafik perubahan kecepatan aliran ( $V_0 = 0,323$  m/s) bukaan 6 cm titik 3



**Gambar 4. 47** Grafik perubahan kecepatan aliran ( $V_0 = 0,323$  m/s) bukaan 6 cm titik 4



**Gambar 4. 48** Grafik perubahan kecepatan aliran ( $V_0 = 0,323$  m/s) bukaan 6 cm titik 5



**Gambar 4. 49** Grafik perubahan kecepatan aliran ( $V_0 = 0,323$  m/s) bukaan 6 cm titik 6

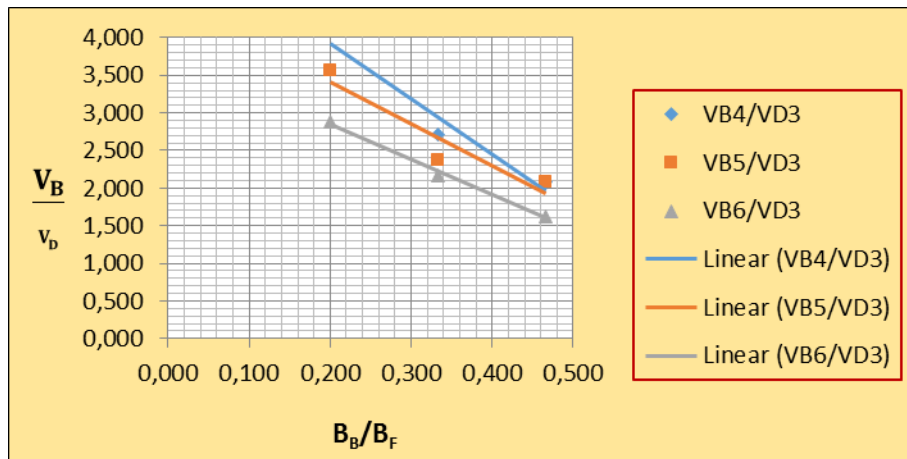
Pada gambar terlihat bahwa secara umum pola aliran yang terjadi sesuai dengan teori yang ada dimana kecepatan aliran pada permukaan air cenderung lebih besar dibandingkan pola kecepatan aliran yang terjadi pada tengah dan dasar saluran. Grafik menunjukkan pola kecepatan aliran yang terjadi pada titik 3 (titik pengukuran tepat di depan model tirai) dan titik di belakang model tirai (titik 4, 5 dan 6). Dimana titik pengukuran 4 merupakan titik dimana kecepatan aliran maksimal terjadi dan kemudian berangsur-angsur menurun di titik ke-5 dan ke-6.

Nilai kecepatan aliran yang diperoleh antara 0,098 m/s sampai 0,130 m/s untuk titik 3 (tiga), 0,013 m/s sampai 1,271 m/s untuk titik 4 (empat), 0,067 m/s sampai 0,630 m/s untuk titik 5 (lima) dan 0,102 m/s sampai 0,440 m/s untuk titik 6 (enam). Nilai-nilai kecepatan aliran yang diperoleh memperlihatkan bahwa perubahan kecepatan aliran yang terjadi tidak konsisten pola meningkat atau menurunnya pada setiap peningkatan bukaan pada model tirai yang memperlihatkan secara jelas aliran turbulensi yang terjadi akibat pengaruh keberadaan model tirai.

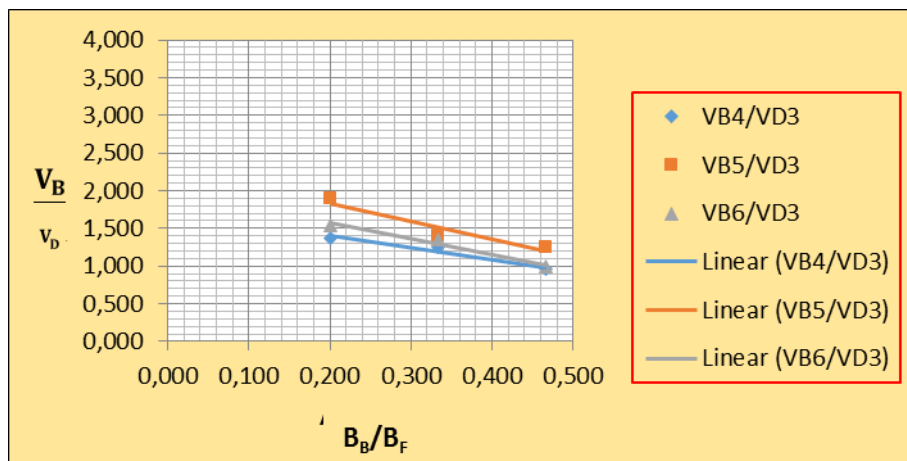
Secara keseluruhan setelah menganalisis pola kecepatan aliran pada ketiga variasi  $V_0$  dapat terlihat dengan jelas bahwa semakin besar nilai  $V_0$  maka semakin besar pula nilai kecepatan aliran yang terjadi pada fluida setelah ditempatkan model tirai di dalam saluran terbuka.

b. Grafik perbandingan hubungan  $V_B/V_D$  dengan  $B_B/B_F$

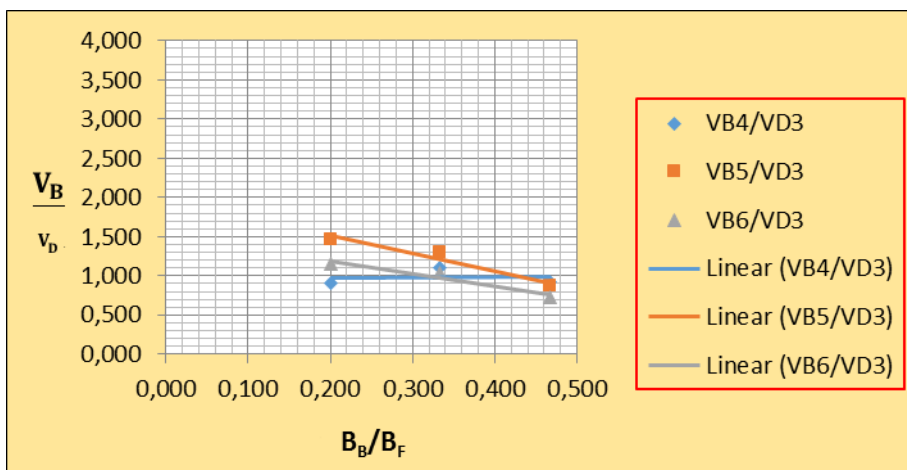
Berikut ini grafik sebaran data hubungan  $V_B/V_D$  dengan  $B_B/B_F$  untuk variasi kecepatan aliran saluran bebas sebesar 0,098 m/s. Dimana  $V_B$  adalah kecepatan aliran tepat di depan model tirai (diambil nilai rata-rata titik 3) dan  $V_D$  adalah kecepatan aliran di belakang model tirai (masing-masing untuk titik 4, titik 5 dan titik 6). Sedangkan,  $B_B$  adalah lebar bukaan model tirai dan  $B_F$  adalah lebar *flume*.



**Gambar 4. 50** Grafik perbandingan  $V_B/V_D$  dan  $B_B/B_F$  ( $V_0 = 0,098$  m/s) layer A



**Gambar 4. 51** Grafik perbandingan  $V_B/V_D$  dan  $B_B/B_F$  ( $V_0 = 0,098$  m/s) layer B

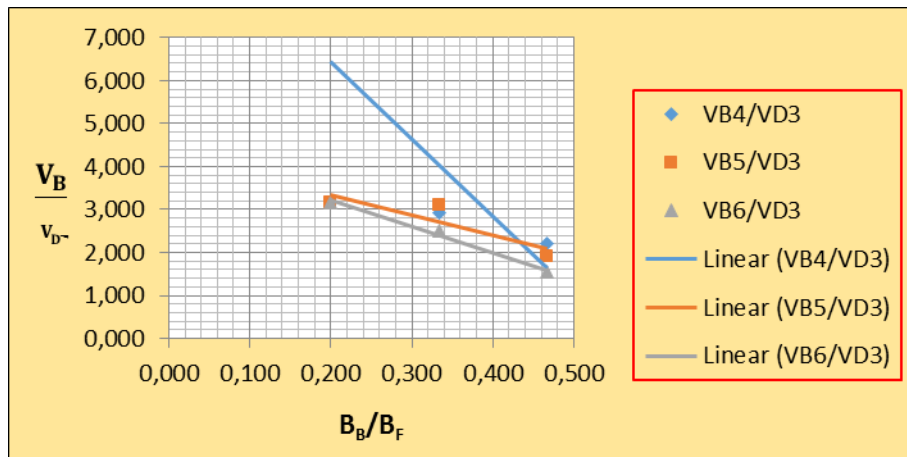


**Gambar 4. 52** Grafik perbandingan  $V_B/V_D$  dan  $B_B/B_F$  ( $V_0 = 0,098$  m/s) layer C

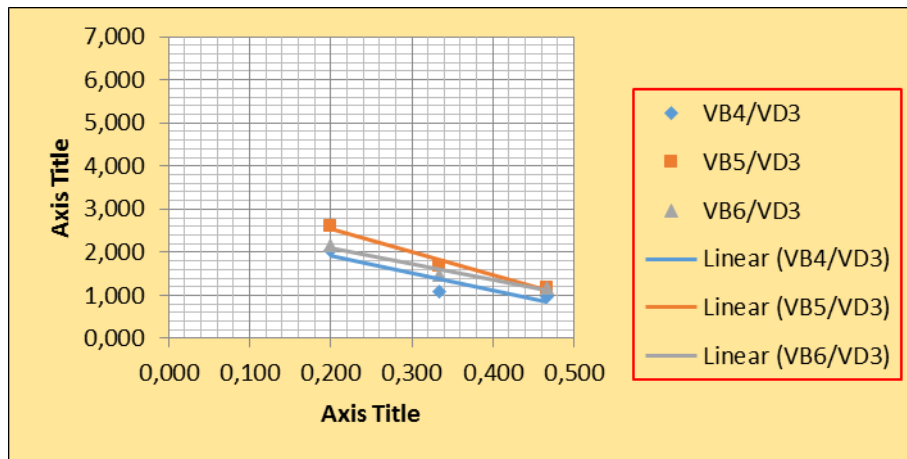


Pada gambar terlihat bahwa perbandingan antara kecepatan aliran pada titik sesudah model dan kecepatan aliran didepan model terhadap perbandingan lebar bukaan model tirai dan lebar *flume* berbanding terbalik sesuai dengan teori yang ada, dimana semakin kecil nilai perbandingan lebar bukaan model tirai terhadap flume maka semakin besar diperoleh nilai perbandingan kecepatan aliran di belakang tirai terhadap nilai kecepatan di depan model tirai.

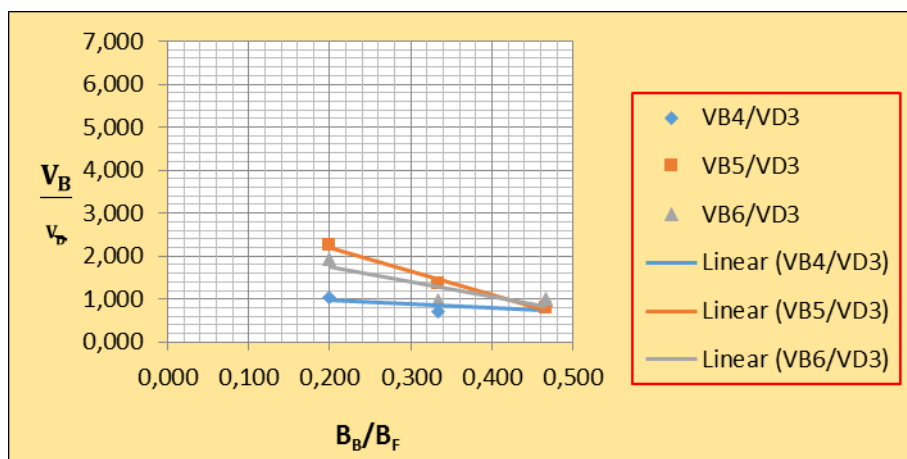
Nilai perbandingan  $V_B/V_D$  pada layer A antara 1,629 sampai 4,032, pada layer B antara 0,954 sampai 1,892 dan pada layer C 0,735 sampai 1,471. Nilai perbandingan ini setelah diplot di dalam grafik menunjukkan ketidakberaturan susunan layer yang secara tidak langsung memperlihatkan bahwa aliran yang terjadi adalah jenis aliran turbulen. Hal ini juga didukung oleh data dan hasil grafik perubahan kecepatan aliran yang telah dibahas sebelumnya, dimana perubahan kecepatan aliran yang terjadi tidak konsisten pola meningkat atau menurunnya pada setiap peningkatan bukaan pada model tirai yang memperlihatkan secara jelas aliran turbulen yang terjadi akibat pengaruh keberadaan model tirai.



**Gambar 4. 53** Grafik perbandingan  $V_B/V_D$  dan  $B_B/B_F$  ( $V_0 = 0,169$  m/s) layer A



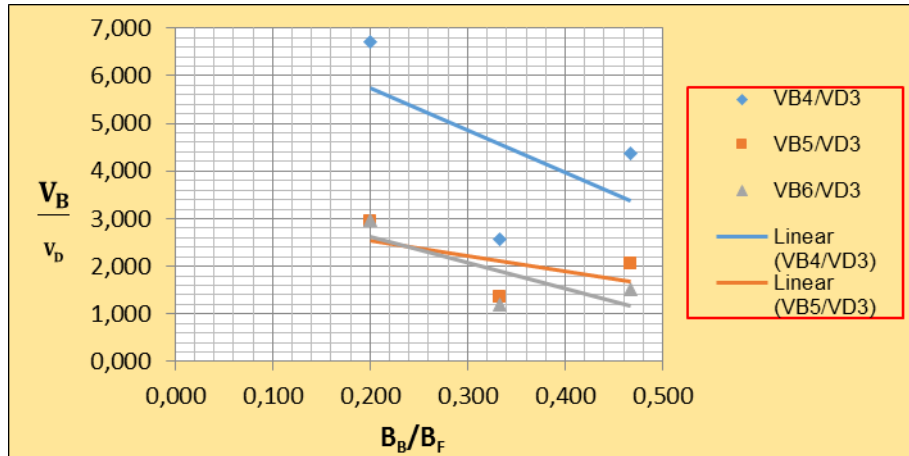
**Gambar 4. 54** Grafik perbandingan  $V_B/V_D$  dan  $B_B/B_F$  ( $V_0 = 0,169$  m/s) layer B



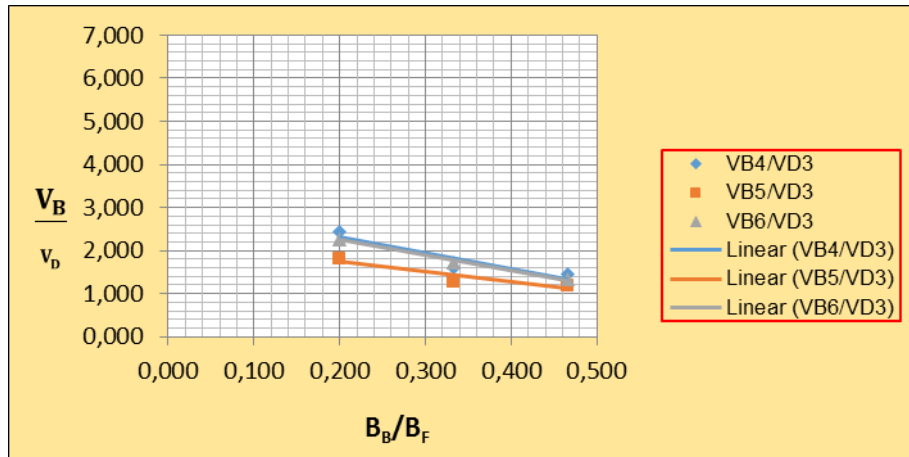
**Gambar 4. 55** Grafik perbandingan  $V_B/V_D$  dan  $B_B/B_F$  ( $V_0 = 0,169$  m/s) layer C

Pada gambar terlihat bahwa perbandingan antara kecepatan aliran pada titik sesudah model dan kecepatan aliran didepan model terhadap perbandingan lebar bukaan model tirai dan lebar *flume* berbanding terbalik sesuai dengan teori yang ada, dimana semakin kecil nilai perbandingan lebar bukaan model tirai terhadap flume maka semakin besar diperoleh nilai perbandingan kecepatan aliran di belakang tirai terhadap nilai kecepatan di depan model tirai.

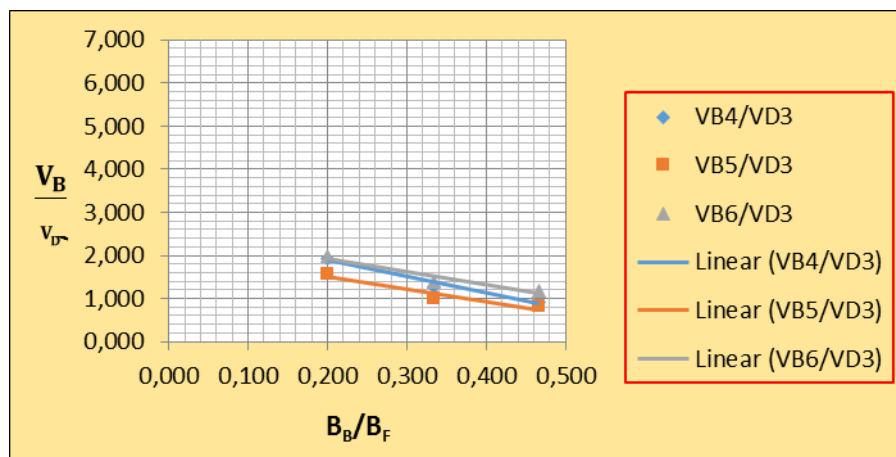
Nilai perbandingan  $V_B/V_D$  pada layer A antara 1,542 sampai 7,025, pada layer B antara 0,982 sampai 2,610 dan pada layer C 0,694 sampai 2,248. Nilai perbandingan ini setelah diplot di dalam grafik menunjukkan ketidakberaturan susunan layer yang secara tidak langsung memperlihatkan bahwa aliran yang terjadi adalah jenis aliran turbulen. Hal ini juga didukung oleh data dan hasil grafik perubahan kecepatan aliran yang telah dibahas sebelumnya, dimana perubahan kecepatan aliran yang terjadi tidak konsisten pola meningkat atau menurunnya pada setiap peningkatan bukaan pada model tirai yang memperlihatkan secara jelas aliran turbulen yang terjadi akibat pengaruh keberadaan model tirai.



**Gambar 4. 56** Grafik perbandingan  $V_B/V_D$  dan  $B_B/B_F$  ( $V_0 = 0,323$  m/s) layer A



**Gambar 4. 57** Grafik perbandingan  $V_B/V_D$  dan  $B_B/B_F$  ( $V_0 = 0,323$  m/s) layer B



**Gambar 4. 58** Grafik perbandingan  $V_B/V_D$  dan  $B_B/B_F$  ( $V_0 = 0,323$  m/s) layer C

Pada gambar terlihat bahwa perbandingan antara kecepatan aliran pada titik sesudah model dan kecepatan aliran didepan model terhadap perbandingan lebar bukaan model tirai dan lebar *flume* berbanding terbalik sesuai dengan teori yang ada, dimana semakin kecil nilai perbandingan lebar bukaan model tirai terhadap flume maka semakin besar diperoleh nilai perbandingan kecepatan aliran di belakang tirai terhadap nilai kecepatan di depan model tirai.

Nilai perbandingan  $V_B/V_D$  pada layer A antara 1,199 sampai 6,719, pada layer B antara 1,192 sampai 2,444 dan pada layer C 0,814 sampai 1,985. Nilai perbandingan ini setelah diplot di dalam grafik menunjukkan ketidakberaturan susunan layer yang secara tidak langsung memperlihatkan bahwa aliran yang terjadi adalah jenis aliran turbulen. Hal ini juga didukung oleh data dan hasil grafik perubahan kecepatan aliran yang telah dibahas sebelumnya, dimana perubahan kecepatan aliran yang terjadi tidak konsisten pola meningkat atau menurunnya pada setiap peningkatan bukaan pada model tirai yang memperlihatkan secara jelas aliran turbulen yang terjadi akibat pengaruh keberadaan model tirai.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **A. Kesimpulan**

Berdasarkan data yang diperoleh dari hasil pengujian Pengaruh Bukaannya Tirai Lengkung Terhadap kinematika aliran di saluran terbuka, maka diperoleh kesimpulan bahwa:

1. Pemasangan model tirai pada saluran terbuka menyebabkan kecepatan aliran berubah meningkat. Pada  $V_0 = 0,169$  m/s terjadi peningkatan kecepatan aliran berturut-turut antara 0,175 m/s sampai 0,485 m/s pada bukaan 14 cm, 0,166 m/s sampai 0,703 m/s pada bukaan 10 cm dan 0,195 m/s sampai 1,186 m/s pada bukaan 6 cm.
2. Pemasangan model tirai lengkung pada saluran terbuka menyebabkan terjadinya perubahan pada sifat aliran, yang awalnya berupa aliran laminar berubah menjadi aliran turbulen yang terlihat pada pola aliran yang bergerak acak.

## **B. Saran**

Agar penelitian ini dapat dianalisis dan dikembangkan lagi, maka diajukan saran-saran sebagai berikut:

1. Perlu menambah titik pengambilan data pada saat saluran dalam keadaan bebas ( $V_0$ ) agar diperoleh data yang lebih akurat.
2. Perlu menambah variasi ukuran bukaan tirai dengan jarak yang lebih lebar.
3. Perlu menambah titik pengambilan data pada hulu sebelum model tirai dan hilir setelah model tirai
4. Perlu dilakukan pengujian besaran bilangan *froude* menjadi kritis dan subkritis.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anggrahini, 2009. *Hidrolika Saluran Terbuka*. Srikandi. Tuban Jawa Timur
- J. Kodoatie, Robert, 2009. *Hidrolika Terapan*. Andi Offset. Yogyakarta
- Nenny, 2016. *Model Proteksi Gerusan pada Pilar Jembatan dengan Tirai Bersisi Cekung*. Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Soedrajat, A, 1983. *Mekanika Fluida & Hidrolika*. Nova. Bandung.
- Triatmodjo, Bambang, 1993. *Hidraulika I*. Beta Offset. Yogyakarta
- Triatmodjo, Bambang, 2009. *Hidrologi Terapan Cetakan Ke-2*. Beta Offset. Yogyakarta
- Wisnuardi, Sri, 2016. *Pengaruh Kedalaman Aliran di Hulu Pintu Air Terhadap Ketelitian Pengukuran Aliran*. Universitas Hasanuddin. Makassar